



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS
PROVENIENTES DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN LA AVENIDA 9
DE OCTUBRE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: JESSICA ELIZABETH NIETO BONILLA

TUTORA: RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.

Riobamba-Ecuador

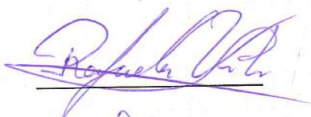

2019

© 2019, Jessica Elizabeth Nieto Bonilla

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 de Trabajo de titulación experimental certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PROVENIENTES DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN LA AVENIDA 9 DE OCTUBRE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”, de responsabilidad de la señorita egresada Jessica Elizabeth Nieto Bonilla, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Rafaela Viteri Uzcátegui MSc. DIRECTOR DE TESIS	 _____	2019 - 07 - 03
Juan Carlos González MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2019 - 07 - 03

Yo, Jessica Elizabeth Nieto Bonilla, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Jessica Elizabeth Nieto Bonilla
060332623-2

AGRADECIMIENTO

Agradezco al ser supremo por darme la oportunidad de encajar en este mundo, a mis padres que son mi luz, bendición y guía, quienes me dieron la oportunidad de estar aquí y ahora cumpliendo una de las metas más importantes de mi vida, la primera de muchas más; gracias por creer en mí, en mis expectativas y aspiraciones. En especial a mi madre por estar dispuesta a acompañarme en cada larga y agotadora noche de estudio donde la llegada de un café era para mí como agua en el desierto. Gracias a mi padre por siempre anhelar lo mejor para mi vida, por cada consejo y palabras de aliento que me guiaron siempre.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su excelencia académica, por permitirme conocer buenos profesionales, quienes nos imparten sus vastos conocimientos para enfrentarnos profesionalmente a la vida diaria, todas y cada una de las personas que conforman la ESPOCH merecen un agradecimiento infinito por poner su corazón en cada enseñanza, experiencia y apoyo, agradezco especialmente a la Ing. Rafaela Viteri quien es una de las mejores personas que he tenido la grata oportunidad de conocer en este largo caminar, no solo ha estado presente en el desarrollo de mi tesis, sino en muchas etapas más de mi vida, espero el futuro la premie como se lo merece.

El desarrollo de esta tesis no lo puedo catalogar como algo fácil, pero lo que sí puedo hacer, es afirmar que durante todo este tiempo pude disfrutar de cada momento, proceso e investigación. Lo disfruté con demasía, no solo porque me dispuse que así fuera, sino también porque mis amigos

siempre estuvieron ahí. La vida misma me demostró que si siembras una buena y sincera amistad, el tiempo te permitirá disfrutar de una agradable cosecha. ¡Gracias chicos!

Jessy Nieto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho amor y cariño a mis abnegados padres: Lidia Bonilla y Carlos Nieto, los principales promotores de mis sueños que con su infinito apoyo me motivaron y encaminaron a cumplir con esta meta, quienes además me educaron con su intachable ejemplo incidiendo que solo el esfuerzo me permitirá salir adelante.

“Cada momento vivido durante todos estos años, son simplemente únicos, cada oportunidad de corregir un error, la oportunidad de que cada mañana puedo empezar de nuevo, sin importar la cantidad de errores y faltas cometidas el día anterior, me hace dar cuenta que nunca es tarde para empezar”

Anónimo.

Jessy Nieto

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	20
1.1.	Antecedentes de la investigación.....	20
1.2.	Atmósfera	20
1.2.1.	Composición atmosférica	21
1.2.2.	Funciones de la atmósfera	22
1.2.2.1.	Filtro protector	22
1.2.2.2.	Mantenimiento de la temperatura del planeta	22
1.2.2.3.	Mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos	22
1.3.	Contaminación atmosférica	23
1.3.1.	Fuentes de contaminación atmosférica.....	23
1.3.1.1.	Fuentes fijas.	23
1.3.1.2.	Fuentes móviles.	23
1.3.1.3.	Fuentes multi-focos.....	24
1.4.	Contaminantes atmosféricos.....	24
1.4.1.	Material Particulado	25
1.4.2.	Óxidos de nitrógeno.....	25
1.4.2.1.	Fuentes de emisión.....	25
1.4.2.2.	Efectos de los óxidos de nitrógeno en el ambiente	26
1.4.2.3.	Formas de eliminación.....	27
1.4.3.	Dióxido de azufre	27
1.4.4.	Ozono.....	27
1.4.5.	Monóxido de carbono.....	28
1.5.	Procesos de deposición de los contaminantes.....	28
1.6.	Efecto de los gases en la atmósfera	28

1.7.	Soluciones a la contaminación atmosférica.....	29
1.8.	Programas para la elaboración de mapas.....	29
1.8.1.	ArcGis.....	29
1.9.	Programas estadísticos.....	30
1.9.1.	Spss.....	30
1.9.1.1.	Ventajas.....	30

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	31
2.1.	Tipo de investigación.....	31
2.2.	Diseño del estudio	31
2.3.	Unidad de análisis.....	31
2.4.	Etapas de la investigación.....	33
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	33
2.4.1.1.	Preparación del líquido absorbente	33
2.4.2.	Recolección de muestras.....	34
2.4.3.	Análisis de datos	34
2.4.4.	Coloración de las muestras.	35
2.4.5.	Medición de la absorbancia	36
2.4.6.	Cálculo de la concentración.....	36
2.4.7.	Curva de calibración para el NO ₂	37
2.4.7.1.	Solución Patrón.....	37
2.4.7.2.	Solución stock de nitrito	38
2.4.7.3.	Solución madre	38
2.4.7.4.	Diluciones de la solución madre:	38
2.4.7.5.	Obtención de la masa total (m _i) de las soluciones patrón de NO ₂	38
2.4.7.6.	Estimación de la concentración (C _T) de las soluciones patrón de NO ₂	38
2.5.	Elaboración de la curva de calibración de NO ₂	39
2.6.	Elaboración de mapas temáticos.....	40
2.7.	Análisis Estadístico.....	40

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1.	Concentración Ambiental de NO _x y corrección de datos de acuerdo a la normativa ..	41
3.1.1.	Variación de la concentración de NO _x durante el monitoreo	42
3.1.2.	Análisis mensual de las emisiones de NO _x en las 12 semanas de monitoreo.	43
3.2.	Análisis de las concentraciones de NO y NO ₂ empleando el software arcgis.	49
3.3.	Análisis estadístico	51
3.3.1.	Modelos estadísticos de las variables	51
	CONCLUSIONES.....	53
	RECOMENDACIONES.....	54

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Composición atmosférica.....	20
Tabla 1-2:	Coordenadas de los puntos de monitoreo.....	31
Tabla 2-2:	Datos de concentración y absorbancia triplicada del análisis de las disoluciones patrón de NO _x	38
Tabla 1-3:	Concentraciones obtenidas de NO _x	40
Tabla 2-3:	Resumen del modelo.....	49
Tabla 3-2:	ANOVA.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Clasificación de los contaminantes atmosféricos.....	23
Figura 1-2:	Zona de estudio.....	32
Figura 1-3:	Mapa de emisión promedio de NO empleando ArcMap.....	48
Figura 2-3:	Mapa de emisión promedio de NO ₂ empleando ArcMap.....	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Curva de calibración respecto a la masa de nitritos.....	39
Gráfico 1-3:	Concentración promedio general de NO _x	41
Gráfico 2-3:	Concentración Promedio de NO _x (µg/m ³) del mes de Enero del 2019.....	42
Gráfico 3-3:	Concentración Promedio de NO _x (µg/m ³) del mes de Febrero del 2019.....	43
Gráfico 4-3:	Concentración Promedio de NO _x (µg/m ³) del mes de Marzo del 2019.....	44
Gráfico 5-3:	Concentración Promedio de NO _x (µg/m ³) de la semana 10.....	45
Gráfico 6-3:	Puntos mínimos, máximos y promedio de NO _x (µg/m ³) en los tres meses de monitoreo	46
Gráfico 7-3:	Concentración promedio durante los 3 meses.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Muestreo
ANEXO B	Preparación de reactivos
ANEXO C	Resultados visuales y de absorbancia
ANEXO D	Afluencia vehicular
ANEXO E	Tratamientos estadísticos

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó los contaminantes atmosféricos provenientes de los automotores que transitan por el sector de la intersección de las avenidas 9 de octubre y Juan Félix Proaño de la ciudad de Riobamba, caracterizada por su alto tráfico vehicular, en primera instancia, se procedió a la determinación de 22 puntos de monitoreo en la zona mencionada, escogidos a criterio técnico, donde se midió la presencia de NO_x (óxidos de nitrógeno) mediante muestreo pasivo utilizando tubos captadores con trietanolamina, n-butanol y agua destilada, el estudio se realizó durante los meses de enero, febrero y marzo de 2019, las muestras tomadas fueron analizadas semanalmente con la ayuda de un espectrofotómetro UV y los valores de absorbancia fueron leídos previa construcción de una curva de calibración para poder determinar las concentración de NO_x mediante una serie de fórmulas, posteriormente se elaboraron mapas para visualizar las zonas de mayor concentración de NO_x, después se realizaron análisis estadísticos para establecer los factores que influyen en la variación de la concentración de los NO_x, se determinó que los mismos, están relacionados con la cantidad de vehículos que circulan por la zona de estudio, temperatura ambiental, humedad relativa, y la temperatura del suelo, además se constató que las emisiones de NO_x no sobrepasan los límites permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente (150 ug/m³ en 24 horas), ya que las emisiones diarias alcanzan un máximo de 24,39 ug/m³, sin embargo para obtener mejores resultados en lo posterior se podría realizar el estudio en una zona más amplia y con mayor tiempo de monitoreo.

Palabras clave: <INGENIERÍA AMBIENTAL>, <CALIDAD DEL AIRE>, <ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)>, <CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>.



ABSTRACT

In the current investigation, the atmospheric pollutants coming from the vehicles that pass through the sector of the intersection of the avenues 9 of October and Juan Félix Proaño of Riobamba city, characterized by its high vehicular traffic. In the first instance, were evaluated to the determination of 22 monitoring points in the mentioned area, chosen for technical criteria, where the presence of NO_x (nitrogen oxides) was measured by passive sampling using triethanolamine, n-butanol and distilled water collection tubes. The study was carried out during the months of January, February, and March of 2019. The samples taken were analyzed weekly with the help of a UV spectrophotometer and the absorbance values were read prior to the construction of a calibration curve to be able to determine the NO_x concentration by means of a series of formulas. Later, maps were elaborated to visualize the zones of greater NO_x concentration, then statistical analyses were carried out to establish the factors that influence the variation of NO_x concentration. It was determined that they are related to the number of vehicles that circulate in the area of study, environmental temperature, relative humidity, and soil temperature. It was also found that the NO_x emissions do not exceed the permissible limits established by the "Ministerio de Ambiente" (150 ug/ m³ in 24 hours), since the daily emissions reach a maximum of 24.39 ug / m³, however, to obtain better results in the later, the study could be carried out in a wider area and with longer monitoring time.

Keywords: <ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, <AIR QUALITY>, <NITROGEN OXIDES (NO_x)>, <ATMOSPHERIC CONTAMINATION>, <RIOBAMBA (CANTON)>.



INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema que se percibe en la mayor parte del mundo porque modifica el comportamiento de los ecosistemas y afecta a la salud. Cuando se alcanzan en la atmósfera concentraciones elevadas de ciertas sustancias durante suficiente tiempo se producen daños en los seres vivos, en los objetos y estructuras fabricadas por el hombre, se observan cambios de temperatura y del clima, o aparecen dificultades para el disfrute de la vida, de los bienes o de otras actividades humanas.

La concentración de los contaminantes atmosféricos es una de las consecuencias que relaciona el impacto ambiental y la salud humana, la gran cantidad de reacciones que se tienen lugar en la atmósfera y la concentración de los contaminantes se ve determinada por algunos factores como radiación solar, precipitaciones y la velocidad de los vientos.

La inexistencia de datos que permitan una correcta apreciación de las emisiones de este tipo de contaminantes evita que la ciudadanía tome precauciones en cuanto a este contaminante por lo que se genera la interrogante:

¿Las emisiones de NO_x emitidas por el parque automotor y actividades industriales, afectan la calidad del aire de los sectores aledaños de la avenida 9 de octubre?

Mediante el uso de muestreadores pasivos podremos conocer cuál es la cantidad de NO_x que el sector automotriz emite a la atmósfera y la manera en la que afecta tanto a peatones como al entorno de la avenida 9 de octubre, sector vía a San Luis de la Ciudad de Riobamba.

La realización del presente trabajo busca argumentar el interés por asegurar la calidad del aire y mejorar el ambiente de este sector, puesto que la calidad del mismo se ha ido deteriorando debido al crecimiento del parque automotor así como también el crecimiento poblacional de la zona.

El estudio de los gases contaminantes y la cantidad de emisiones en este sector de la ciudad de Riobamba, permitirá tener una idea más acertada sobre los problemas ambientales y problemas de salud que pueden afectar a los habitantes de este entorno en particular. Según Zapata la emisión de NO_x, provoca efectos perjudiciales en el sistema respiratorio, dado que puede inhalarse en grandes cantidades y penetrar las vías respiratorias inferiores del pulmón afectando este sistema. Zapata además afirma que estos compuestos presentan gran toxicidad lo que genera gran interés en su estudio, puesto que son capaces de formar nitritos de peracilo.

Con la aplicación de una técnica confiable y relativamente económica como lo son los muestreadores pasivos, y la posterior cuantificación con la ayuda de espectrofotometría, podremos conocer la cantidad de emisión de NO_x en este sector y de esta manera verificaremos si los valores emitidos están o no dentro de los límites permisibles que se mencionan en la normativa ambiental vigente.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la emisión de contaminantes atmosféricos provenientes del sector automotriz en la avenida 9 de octubre de la ciudad de Riobamba.

Objetivos Específicos

- Estimar la cantidad de las emisiones de NO_x empleando muestreadores pasivos.
- Realizar mapas temáticos de concentraciones de NO y NO_2 .
- Validar la información con un modelo estadístico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Desde la formación del planeta ha existido contaminación del aire, entendiéndose a ésta como la contaminación producida por las erupciones volcánicas, incendios forestales y descomposición de los desechos orgánicos, sin embargo la contaminación antropogénica empieza con el descubrimiento y uso del fuego y toma relevancia durante la revolución industrial y el uso de combustibles fósiles en la generación de energía. (Aránguez et al. 1999, pp.123-124)

1.2. Atmósfera

La atmósfera terrestre es una mezcla de gases que se extienden desde el océano, islas y la superficie terrestre hasta el espacio. La densidad de ésta decrece al aumentar la altura debido a las fuerzas de atracción gravitacional.(Pielke, 2015)

Esta mezcla de gases, está mayoritariamente constituida por oxígeno y nitrógeno que representan el 98% del volumen total de la atmósfera, estos dos gases son importantes porque dirigen procesos importantes para el mantenimiento de la vida en la superficie terrestre. La atmósfera no es una capa homogénea por lo que se encuentra estructurada en capas definidas verticalmente por los cambios de temperatura. (Geography Notes, 2014)

La masa atmosférica representa alrededor de 5×10^{18} kg, que se encuentra entre los primeros 11 kilómetros de la superficie terrestre, está compuesta principalmente por nitrógeno, oxígeno y vapor de agua, estos gases permiten que la Tierra sea habitable. (Coffey, 2010)

1.2.1. Composición atmosférica

El envoltorio gaseoso que cubre la Tierra es representada como una mezcla de gases, a continuación se presentan los gases que conforman los primeros 25 km de la atmósfera.

Tabla 1-1: Composición atmosférica

Gas	% en Masa	% en Volumen
Nitrógeno	75.51	78.09
Oxígeno	23.14	20.95
Argón	1.3	0.93
Dióxido de carbono	0.05	0.03
Neón	1.2×10^{-3}	1.8×10^{-3}
Helio	8×10^{-4}	5.2×10^{-4}
Kriptón	2.9×10^{-4}	1×10^{-4}
Hidrógeno	0.35×10^{-5}	5×10^{-5}
Xenón	3.6×10^{-5}	0.8×10^{-5}
Ozono	0.17×10^{-5}	0.1×10^{-5}
Radón	-	6×10^{-18}

Fuente: Saha, 2008. The Earth's Atmosphere: Its Physics and Dynamics

Realizado por: Nieto Jessica, 2019

Según Saha (2008), los gases predominantes en la atmósfera son el nitrógeno y el oxígeno, éstos representan el 99% de la composición total del aire. El oxígeno es emitido a la atmósfera por las plantas y las algas como producto de desecho de los procesos de respiración. (MacPherson, 2010, p.15)

Un gas que se encuentra en proporciones muy bajas es el vapor de agua pero cumple un papel importante en la meteorología, pues absorbe grandes cantidades de calor lo que afecta al comportamiento y a las propiedades atmosféricas. (Saha, 2008)

La cantidad del vapor de agua se verá afectada conforme aumente la altura, la concentración más alta de este gas se encuentra cerca de la superficie terrestre, mientras a mayor altura existe mayor evaporación del agua. (Carlomagno, 2016, p.4)

1.2.2. *Funciones de la atmósfera*

El aire es uno de los principales constituyentes del planeta que es necesario para que exista la vida, pues, los seres humanos inhalamos alrededor de 15kg de aire diario por lo que entender la importancia de la atmósfera toma énfasis en la actualidad.

1.2.2.1. *Filtro protector*

La atmósfera regula las radiaciones emitidas por el sol, es decir, absorbe las radiaciones que son perjudiciales para los seres humanos, en la Ionósfera se captan las radiaciones Gamma y los rayos X, éstas son captadas gracias a la presencia del hidrógeno y del nitrógeno; la radiación UV es atrapada en la estratósfera. (Cabrera y Giacobone 2010, p.5)

La atmósfera es considerada como un escudo protector debido a que al evitar la incidencia de los rayos emitidos por el sol evita también que se produzcan mutaciones y/o daños genéticos en los seres vivos. (Kazmeyer, 2018)

1.2.2.2. *Mantenimiento de la temperatura del planeta*

Las moléculas que se encuentran en la atmósfera reflejan la energía solar y la dispersan a través del planeta evitando que las noches sean congelantes y los días muy calurosos. Gracias a la capacidad de retención de la atmósfera se puede mantener la temperatura promedio de 15°C de la Tierra. (Cabrera y Giacobone 2010, p.5)

1.2.2.3. *Mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos*

La atmósfera permite mantener el equilibrio de las cantidades de los elementos que se encuentran en el planeta, es decir, permite la recirculación de los elementos claves para la vida. Además la capa atmosférica juega un papel primordial en el ciclo del agua porque ayuda a la distribución de las precipitaciones. (Gallego et al., 2012)(CK-12, 2015)

1.3. Contaminación atmosférica

Es definida como la presencia de químicos tóxicos o sustancias tóxicas que incluyen compuestos biológicos que fuera de sus niveles normales representan un riesgo para la salud y para la calidad ambiental, pues, puede generar cambios en la capa de ozono generando problemas ambientales como el calentamiento global. (Environmental Pollution Centers, 2017)

Según la Agencia de Protección Ambiental (2018), con sus siglas en inglés EPA, define a la contaminación atmosférica como la presencia de contaminantes que sobrepasan la concentración permitida y pueden causar daños a los seres vivos. (U.S. Environmental Protection Agency, 2018)

La contaminación atmosférica es un riesgo ambiental que está causando problemas reales en la salud y en el bienestar de los seres humanos, según estudios realizados se estima que la contaminación del aire es la primera causa de muerte en los países de Europa. (Oltra y Sala, 2016, pp. 1-2)

La contaminación del aire extramural es un problema creciente que ha aumentado en un 8% globalmente, este incremento es asociado al crecimiento poblacional que existe y se estima que para el año 2050 dos tercios de la población vivan en las zonas urbanas amenazando a la calidad de aire. (Reese, 2016, p.16)

1.3.1. Fuentes de contaminación atmosférica

1.3.1.1. Fuentes fijas.

Se las conoce también como fuentes estacionarias, poseen una chimenea para la descarga de las sustancias a la atmósfera. (Corporación Chilena Mutual, 2012)

1.3.1.2. Fuentes móviles.

Los autos en las últimas décadas se encuentran en grandes cantidades en las ciudades, son generadores de contaminación atmosférica por la descarga de gases que producen, los vehículos generan principalmente óxido de nitrógeno, compuestos de plomo, monóxido de carbono, partículas e hidrocarburos, estas emisiones dependerán de los componentes del que está formado el automóvil, el combustible y la densidad del tráfico. (Carnicer, 2008, p. 26)

1.3.1.3. Fuentes multi-focos.

Son fuentes formadas tanto por fuentes fijas y fuentes móviles, se los considera multi focos las zonas industriales y las urbes, dentro del grupo se encuentran también las calefacciones domésticas. (Carnicer,2008. p. 26)

1.4. Contaminantes atmosféricos

Son sustancias que alteran la calidad del aire porque pueden ser riesgosas o causar daños en el bienestar de los seres vivos. Son agentes físicos, químicos o biológicos que pueden presentarse en diferentes concentraciones o formas y pueden representar un peligro para la salud. (Salvai, 2011, p.7)

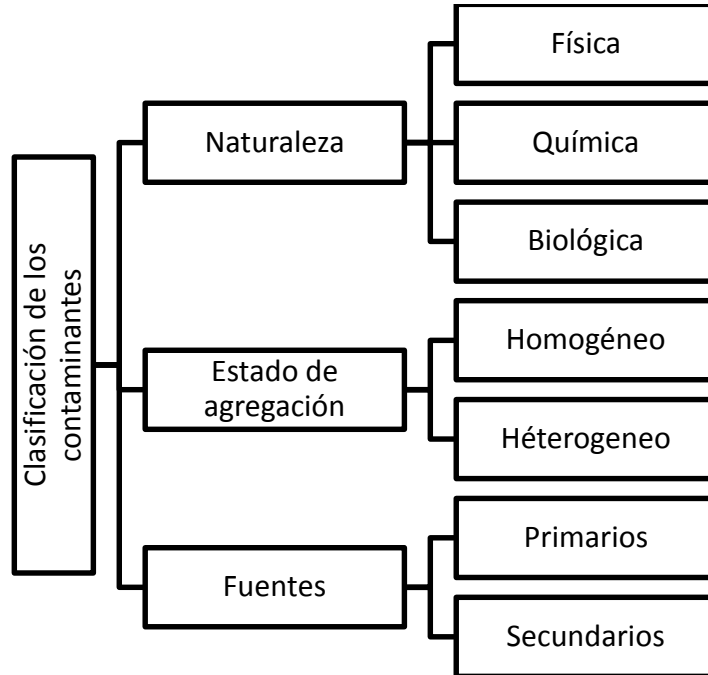


Figura 1-1: Clasificación de los contaminantes atmosféricos

Fuente: Bureau Veritas Formación, 2008.

Según el Acuerdo Ministerial 097 de la República de Ecuador, establece por criterio como contaminantes atmosféricos a:

- Partículas sedimentables
- Material particulado
- Dióxido de nitrógeno
- Dióxido de azufre
- Ozono
- Monóxido de carbono

1.4.1. *Material Particulado*

Son conocidos como aerosoles atmosféricos y son un conjunto de partículas tanto sólidas como líquidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera, es uno de los contaminantes más estudiados debido a que causan gran cantidad de muertes porque producen problemas cardiopulmonares.

En su mayoría son partículas que no sedimentan y son una mezcla de productos químicos y biológicos que al interactuar pueden formar otro tipo de compuestos por esta razón para su clasificación se ha considerado el diámetro de las partículas. (Arciniégas, 2012, pp.196-198)

1.4.2. *Óxidos de nitrógeno*

Son gases formados por la combinación del oxígeno y del nitrógeno, aunque estos por separado no representan riesgos para la salud, combinados pueden generar problemas en el ambiente, se conocen dos tipos de óxidos de nitrógeno, el monóxido y el dióxido de nitrógeno, son considerados contaminantes debido a que se producen en las reacciones de combustión y contribuye a la formación del smog. (Li y Mallat, 2018, pp. 6-7)

La química de este tipo de compuestos es muy compleja debido a la reacción inmediata que puede presentar el NO, pues, al oxidarse forma el NO₂ siendo ésta una forma de producción de este contaminante. (Aránguez et al. 1999, pp. 126)

La Organización Mundial para Europa recomendó no superar los valores de 400 ug/m³ y 150 ug/m³ durante 24 horas mientras que el Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 4 establece una concentración de 200 ug/m³ en lapsos de una hora y de 150 ug/m³ para 24 horas.

1.4.2.1. *Fuentes de emisión*

Los óxidos de nitrógeno son emitidos desde los escapes de los automotores, la combustión o quema del carbón o gas natural o mediante el uso de la soldadura, en algunos casos la producción de estos contaminantes puede ser causada por la reacción del ácido nítrico con celulosa. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2002, pp.1-2)

Godish (1991) menciona que las emisiones de NO_x son 10% producidas por la actividad antropogénica, mientras que el resto es producido por la actividad anaeróbica que tiene lugar tanto en agua como en suelo, por la destrucción de los compuestos nitrogenados que se produce en la atmósfera y por las actividades volcánicas. (World Bank Group, 1998, pp. 223-225)

Combustibles que producen NO_x

La principal fuente de emisión de NO_x son los automóviles debido a los combustibles que utilizan, pues contienen nitrógeno que durante el proceso de combustión se transforman en NO_x , estas emisiones representan el 50% de las emisiones incontroladas y más del 80% cuando se realiza la quema de carbón.

Cuando empieza la combustión, se oxidan las especies volátiles y el nitrógeno empieza a reaccionar formando intermedios de reacción en las regiones de mayor cantidad de combustible, los intermedios de reacción se oxidan formando NO y/o se reducen en N_2 esta relación depende específicamente de la estequiometría que sigue la reacción. Durante este mecanismo se desprende entre el 60 y 90% de las emisiones globales de NO_x . (Red Sauce, 2015)

1.4.2.2. Efectos de los óxidos de nitrógeno en el ambiente

Los óxidos de nitrógeno son los principales precursores de la lluvia ácida y de la formación de ozono troposférico, el problema radica en la capacidad de absorción que presentan los óxidos de nitrógeno, pues, absorben la luz solar y dan lugar a procesos fotoquímicos que producen ácido nítrico cuya severidad y daños es difícil de estimar por su difícil deposición en la superficie. (Fernández, 2015, pp.8-10)

Otro problema que produce la presencia de óxidos de nitrógeno es que los nitratos producidos y precipitados pueden incrementar el crecimiento foliar en zonas con insuficiencia de nitrógeno, sin embargo el efecto fertilizante de este compuesto puede producir un contra balance de algunos nutrientes por lo que la agricultura puede verse afectada. (World Bank Group, 1998, pp. 224-225)

1.4.2.3. Formas de eliminación

Las formas para la eliminación de este contaminante son

- Fotólisis
- Reacciones químicas (Fernández, 2015, pp.8-10)

1.4.3. Dióxido de azufre

Se forma por la combustión del azufre presente en los derivados del petróleo y del carbón, este contaminante es un gran problema para el ambiente debido a que es un ácido estable y denso que puede desplazarse rápidamente por la atmósfera y por su fácil condensación reacciona con el agua y forma ácido sulfúrico. (Bureau Veritas Formación, 2008, p.158)

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la cantidad de éste contaminante varía dependiendo del tipo de combustible que se utilice, sin embargo las emisiones totales anuales son de 63Tg, aunque esto ha disminuido gracias a la concientización ambiental debido a que en 1983 se emitían alrededor de 288 millones de toneladas anuales. (Wunderlich, 2005, p.11)

1.4.4. Ozono

El ozono es una molécula formada por tres átomos de oxígeno lo que hace que sea una molécula altamente oxidante, el ozono es un componente natural de la atmósfera y no causa daños en condiciones normales y cuando se encuentra a 20km de la superficie terrestre forma una capa que protege al planeta de las radiaciones ultravioletas. (Bravo et al. 2007)

Debido a las alteraciones que se presentan en la atmósfera que afectan al correcto funcionamiento de las reacciones atmosféricas, se produce el ozono troposférico que es uno de los principales contaminantes debido a su gran distribución y a los efectos que provoca en la biodiversidad y en el funcionamiento de los ecosistemas, es un gas de efecto invernadero que promueve el calentamiento global y por consecuencia el cambio climático. (Chile, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011, p.7)

1.4.5. ***Monóxido de carbono***

Es un gas incoloro emitido principalmente por los automóviles especialmente por las combustiones son considerados como principal contaminante debido a que puede ingresar al sistema sanguíneo de los seres vivos y reducir la capacidad de éste para transportar oxígeno lo que provoca problemas cardiovasculares. (Aránguez et al. 1999, pp. 124-127)

1.5. **Procesos de deposición de los contaminantes**

Es el proceso en el que las sustancias químicas o contaminantes son transportadas desde la atmósfera a la superficie terrestre. Existen tres mecanismos principales. (Anom.,2015)

- Deposición de las partículas atmosféricas y de los compuestos químicos absorbidos
- Difusión gaseosa entre la fase gaseosa y el agua.
- Deposición húmeda.

1.6. **Efecto de los gases en la atmósfera**

Los gases que se encuentran en la atmósfera en cantidades considerables afectan al desarrollo de la misma de las siguientes maneras.

- ***El efecto invernadero*** es un problema que evita que el calor recibido del sol, vuelva al espacio, la presencia de una cantidad determinada de algunos gases, permiten que la atmósfera se mantenga caliente sin embargo, las actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles, aumentan la concentración de gases necesarios para mantener el calor y contribuyen al daño atmosférico. (WHO-Europe reports Health Aspects of Air Pollution, 2012)
- ***Daño a la capa de ozono:*** Si bien el ozono es una forma de oxígeno que se encuentra en la atmósfera superior de la tierra. El daño a la capa de ozono se produce principalmente por el uso de clorofluorocarbonos, el aumento de éstos, produce el agotamiento del ozono con lo cual aumenta la incidencia de las radiaciones en la Tierra. (WHO-Europe reports Health Aspects of Air Pollution, 2012)

1.7. Soluciones a la contaminación atmosférica

Instituciones públicas de salud, por la preocupación ante el aumento de muertes por el deterioro de la calidad del aire han propuesto una serie de soluciones para disminuir la producción de contaminantes estas son:

- Uso de energías limpias que ayuden en la reducción de las emisiones de smog como la reutilización de los desechos agrícolas y producción de biogás.
- Cambio de los combustibles fósiles a combustibles limpios que reduzcan el contenido de sulfuros, así como promover el uso de transportes alternativos que conviertan a las ciudades más amigables.
- Plantear el uso de recursos renovables para la generación de energía, ya sea con la implementación de paneles solares o usando la energía eólica.
- Implementar estrategias para la reducción de los desechos sólidos que se generan utilizando métodos biológicos como la digestión anaeróbica que es una alternativa de bajo costo y evita la incineración de los residuos. (World Health Organization, 2017)

1.8. Programas para la elaboración de mapas

1.8.1. ArcGis

ArcGis es un software diseñado en California por ESRI, el programa es un sistema de información geográfica que presenta una interfaz sencilla que permite la carga de datos tabulados para la creación de mapas, es decir es un software que permite obtener los mapas cartográficos con los detalles necesarios para realizar estudios temáticos. (Puerta, Rengifo y Bravo, 2011) (Miranda, 2017)

Los mapas creados en ArcGis exponen la información y permiten utilizarla como fuente de consulta para el análisis y planificación, los mapas creados en ArcGis, son herramientas que permiten explorar, analizar y actualizar información geográfica, así como también, interactuar y comprender patrones que ayuden a la resolución de problemas o realizar seguimientos en diferentes zonas. (ArcGis, 2015)

1.8.1.1. Ventajas

- No es necesario disponer de una base de datos.
- Su costo es reducido.
- El acceso a la información está abierta para todo el mundo.
- Permite importar y exportar capas a conveniencia del usuario.
- No se necesita introducir códigos para programación (Morales, 2019)

1.9. Programas estadísticos

1.9.1. Spss

Conocido también como SPSS son herramientas que permiten el tratamiento de datos obtenidos para su análisis estadístico, su interfaz gráfica es muy sencilla de utilizar, este software permite almacenar y procesar datos de ficheros que contienen más de treinta mil variables, su capacidad de almacenamiento puede verse afectada por las características de los discos de las computadoras. (Guardio, 2010)

1.9.1.1. Ventajas.

- Contiene un visualizador y editor de datos que permite la visualización de las características de las variables
- El visor de resultados permite la edición de resultados
- Es flexible en cuanto al manejo de datos
- Permite la generación de gráficas completas

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental, debido a que realiza una descripción de la relación de las variables y compara datos obtenidos en diferentes tiempos para evaluar los cambios que se producen en el tiempo.

2.2. Diseño del estudio

El diseño consta de la recolección de datos que tienen influencia directa en la emisión de NO₂, que se espera esté determinado por factores meteorológicos y cantidad de vehículos, esto se analizará mediante una regresión lineal.

2.3. Unidad de análisis

El estudio se realizó en la provincia de Chimborazo en la ciudad de Riobamba ubicada en la región Sierra centro del país, con coordenadas 78° 34' 18" a 70° 06' de longitud occidental y de 1° 58' 34" de altitud del sur. Como zona de influencia para el estudio se analizó la zona de intersección entre la Av. 9 de Octubre y la Av. Juan Félix Proaño.

TABLA 1-2 Coordenadas de los puntos de monitoreo

PUNTOS DE MONITOREO	COORDENADA ESTE	COORDENADA SUR
P1	762215	9813634
P2	762206	9813592
P3	762197	9813514
P4	762185	9813563
P5	762179	9813540
P6	762178	9813524
P7	762178	9813511
P8	762146	9813513
P9	762127	9813513
P10	762090	9813513
P11	762148	9813497
P12	762169	9813483
P13	762157	9813439
P14	762182	9813400
P15	762191	9813425
P16	762194	9813471
P17	762211	9813483
P18	762247	9813480
P19	762216	9813505
P20	762226	9813491
P21	762245	9813489
P22	762268	9813492

Realizado por: Nieto Jessica, 2019



Figura 1-2: Zona de estudio

Realizado por: Nieto Jessica, 2019.

2.4. Etapas de la investigación

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se utilizaron captadores pasivos que fueron preparados con varios reactivos que se detallan a continuación:

2.4.1.1. Preparación del líquido absorbente:

Materiales:

- Probeta de 250 mL
- Vaso de precipitación de 500mL
- Frasco ámbar de 1L
- Refrigeradora

Reactivos:

- Trietanolamina
- N-butanol
- Agua destilada

Preparación:

- Añadir 7,5g de trietanolamina a 500mL de agua destilada.
- Adicionar 1,5mL de n-butanol, realizar una mezcla homogénea y diluir hasta 500mL con agua destilada. El n-butanol actúa como surfactante.
- El reactivo se mantendrá en una botella oscura y bajo refrigeración. (Agencia para Sustancias tóxicas y Registro de enfermedades, 2016)

2.4.2. *Recolección de muestras*

Para la recolección de muestras, se utilizaron muestreadores pasivos que fueron colocados en los 22 puntos estratégicos a una altura de 2,5m, estos puntos fueron elegidos al azar con criterio técnico con la finalidad de monitorear los contaminantes atmosféricos provenientes del sector automotriz: NO_x

- Para la toma de muestras de aire, se utilizó el líquido absorbente y tubos de ensayo.
- Se colocaron 6mL de la solución preparada en los tubos de ensayo de 10mL.
- Los tubos se ubicaron a 2,5 metros del suelo y asegurados con una cinta doble faz y con una cobertura de aluminio.
- Las muestras se retiraron semanalmente y fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.

2.4.3. *Análisis de datos*

Materiales:

- Probeta de 50mL
- 2 Vasos de precipitación de 100mL

Equipos:

- Balanza analítica
- Cámara extractora de olores
- Agitadores magnéticos

Sustancias

- Naftilamina (NEDA)
- Ácido acético
- Ácido sulfanílico

Método

- COMPUESTO A: Pesar 0,4g de naftilamina y mezclar con 80mL de ácido acético hasta disolverlo.
- COMPUESTO B: Pesar 0,64g de ácido sulfanílico y mezclar con 80mL de ácido acético hasta disolverlo (Agencia para Sustancias tóxicas y Registro de enfermedades, 2016)

2.4.4. *Coloración de las muestras.*

Materiales:

- Pipeta volumétrica de 1mL
- Guantes
- Mascarilla

Equipos:

- Cámara extractora de gases

Sustancias:

- Compuesto A
- Compuesto B

Medición:

- Añadir con la pipeta 1mL del compuesto A y 1mL del compuesto B respectivamente en el vial que contiene la muestra recogida con anterioridad.
- Agitar el vial y dejar reposar, al instante reaccionará y existirá el cambio de coloración, pasando de transparente a rosa o fucsia acorde a la concentración de NO₂ presente en la muestra. (Cueva, 2016)

2.4.5. *Medición de la absorbancia*

Equipos:

- Espectrofotómetro

Método:

- Los viales se analizarán en el espectrofotómetro UV visible a una longitud de onda de 545nm.

2.4.6. *Cálculo de la concentración:*

Para calcular la masa de nitritos en cada captor se utiliza la siguiente fórmula:

$$m(ug) = C't (ug/mL)*V(mL)$$

(Ec. 1-2)

Donde:

- m: masa de nitritos recogida por cada captador
- C_t= concentración del nitrito en el tubo, según la curva de calibración
- V= volumen de los reactivos de color vertidos en cada tubo para la extracción

Para encontrar la concentración de nitritos presente en el tubo se realizará una regla de tres, usando una tabla estandarizada con la concentración de los nitritos en el tubo, debido a que ya se contará con los datos de absorbancia.

Para calcular la concentración ambiente se utilizará la siguiente fórmula:

$$c = m * \frac{1}{D_{12}} * A * t$$

(Ec. 2-2)

Donde:

- c= concentración ambiente medida en (ug/m³)
- m= cantidad del gas absorbido durante la exposición (ug)
- A= área transversal del tubo cilíndrico (m²)
- t= tiempo de exposición (s)
- L= longitud del tubo (m)
- D₁₂= coeficiente de difusión entre el NO₂ y el aire (m²/s)

2.4.7. *Curva de calibración para el NO₂*

Para realizar la curva de calibración de NO_x y determinar la longitud de onda necesario se prepararon las siguientes soluciones.

2.4.7.1. *Solución Patrón*

Disolver 1,5g de nitrito de sodio de grado analítico en 1000mL de agua destilada.

2.4.7.2. *Solución stock de nitrito*

Diluir 10mL de la solución anterior en 250 mL de agua destilada, mantener la solución refrigerada y en un recipiente oscuro.

2.4.7.3. *Solución madre*

Incorporar 6mL de la solución stock de nitrito, 14 mL de la solución absorbente, 2 mL de peróxido de hidrógeno, 20mL de la solución A y 2mL de la solución B (preparadas previamente en el punto 2.4.4), finalmente aforar con agua destilada en un balón aforado de 50 mL.

2.4.7.4. *Diluciones de la solución madre:*

Colocar volúmenes de 2, 4, 6, 8, 10 y 12 mL de la solución madre en matraces de 50 mL y aforar con agua destilada respectivamente y medir las absorbancias en el espectrofotómetro UV-visible.

2.4.7.5. *Obtención de la masa total (m_T) de las soluciones patrón de NO_2 .*

$$m_T = C_T \left(\frac{\mu g}{mL} \right) * V_s(mL) \quad (\text{Ec. 3-2})$$

Donde:

m_T = masa total de las soluciones patrón de NO_2

C_T = Concentración conocida de NO_2 en la disolución estándar.

V_s = Volumen total de la disolución estándar añadido.

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

$$C_T \left(\frac{\mu g}{L} \right) = \frac{m_T (\mu g)}{V_x(mL)} \quad (\text{Ec. 4-2})$$

Para el cálculo del V_x se utiliza la siguiente formula:

$$V_x(mL) = V(mL) + V_s(mL)$$

(Ec. 4-3)

Donde:

m_T : masa total en el tubo.

V_x : Volumen total de la solución en el tubo.

V : volumen de reactivos de color para la extracción.

Tabla 2-2: Datos de concentración y absorbancia triplicada del análisis de las disoluciones patrón de NO_2 .

CONCENTRACIÓN TUBO ($\mu\text{g/mL}$)	ABSORBANCIA			
	R ₁	R ₂	R ₃	PROMEDIO
0,192	0,118	0,117	0,119	0,118
0,384	0,212	0,210	0,211	0,211
0,576	0,336	0,335	0,337	0,336
0,768	0,468	0,468	0,467	0,468
0,960	0,567	0,567	0,567	0,567
1,152	0,677	0,678	0,679	0,678

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

2.5. Elaboración de la curva de calibración de NO_2

Una vez determinada la concentración y masa de nitritos, se procedió a construir la curva de calibración en base a los resultados obtenidos en las disoluciones analizadas tomando en cuenta la absorbancia, y posteriormente se realizó una regresión lineal. El resultado de la longitud de onda fue de 545,0 nm.

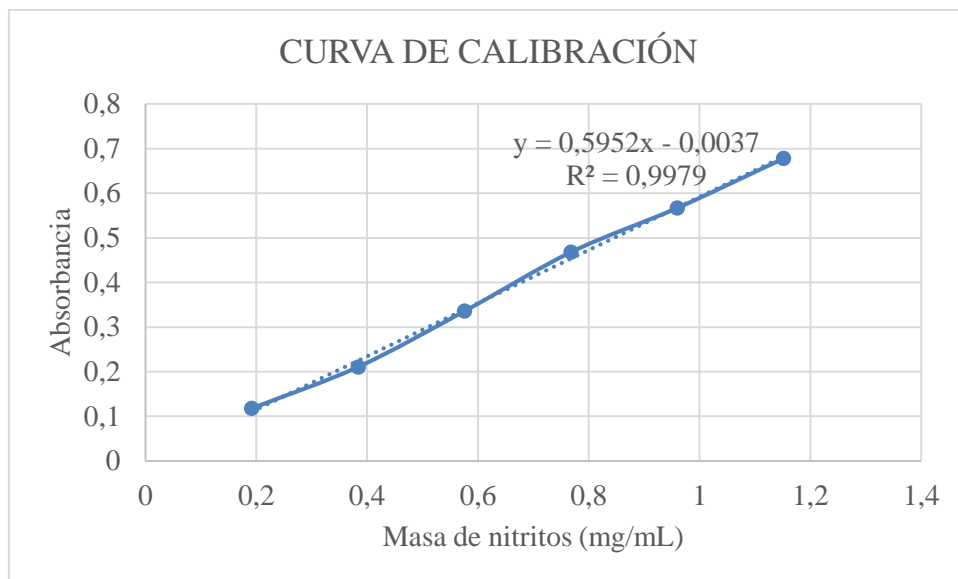


Gráfico 1-2: Curva de calibración respecto a la masa de nitritos.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

2.6. Elaboración de mapas temáticos.

Para elaborar los mapas temáticos se empleó el software ArcGis, primero se generaron los datos de las concentraciones para importarlos, posteriormente ubicamos las coordenadas de los puntos de muestreo y se los cargó en ArcGis, en este punto es recomendable trabajar con un mapa georeferenciado de la zona de estudio, posteriormente se utilizó las herramientas Spatial Tool Interpolation e IDW de ArcGis, estas herramientas generan una carga de mapas que permite la interpolación de los datos para que se genere una variación de colores que representan las concentraciones en cada zona.

2.7. Análisis Estadístico

Para analizar la variación de datos se realizó en el programa SPSS, un análisis de regresión lineal, esta es una técnica utilizada para estudiar la relación entre variables cuantitativas. Tanto en el caso de dos variables (regresión Simple) como en el de más de dos variables (regresión múltiple), el análisis de regresión lineal puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable llamada dependiente o criterio (Y) y una o más variables llamadas independientes o predictoras (X_1, X_2, \dots, X_p), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Concentración Ambiental de NO_x y corrección de datos de acuerdo a la normativa

Luego de aplicar las ecuaciones prescritas en el capítulo II se logró establecer los valores de concentración de NO₂ así como también su corrección en función de las condiciones ambientales del lugar de estudio como lo dictamina el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 de la Calidad del Aire. Se debe recordar que el NO₂ representa el 10% del total de NO_x, por lo cual, para conocer el valor real de NO_x se utilizó reglas matemáticas.

La tabla que se muestran a continuación detalla los resultados de NO_x obtenidos durante las 12 semanas de monitoreo.

Tabla 1-3: Concentraciones obtenidas de NO_x

Punto de Muestreo	Promedio ambiente corregido de NO _x (µg/m ³)	Punto de Muestreo	Promedio ambiente corregido de NO _x (µg/m ³)
P1	113,728	P12	151,040
P2	44,905	P13	131,927
P3	46,335	P14	78,198
P4	47,298	P15	148,240
P5	59,196	P16	150,322
P6	46,867	P17	153,547
P7	45,975	P18	164,253
P8	133,062	P19	148,537
P9	65,278	P20	148,363
P10	148,408	P21	151,420
P11	112,269	P22	172,142

Realizado por: Nieto Jéssica ,2019

3.1.1. Variación de la concentración de NO_x durante monitoreo

La concentración máxima de NO_x alcanzada en los 22 puntos de monitoreo durante 12 semanas, los cuales fueron referidos en la tabla 1-3; concuerdan con los obtenidos por Cuesta, González y Velasco (2018) en el que manifiestan que las concentraciones promedio de NO_x variaron en un rango de 5,9 a 82,2 µg/m³, con mayores concentraciones en los puntos con influencia de alto flujo vehicular.

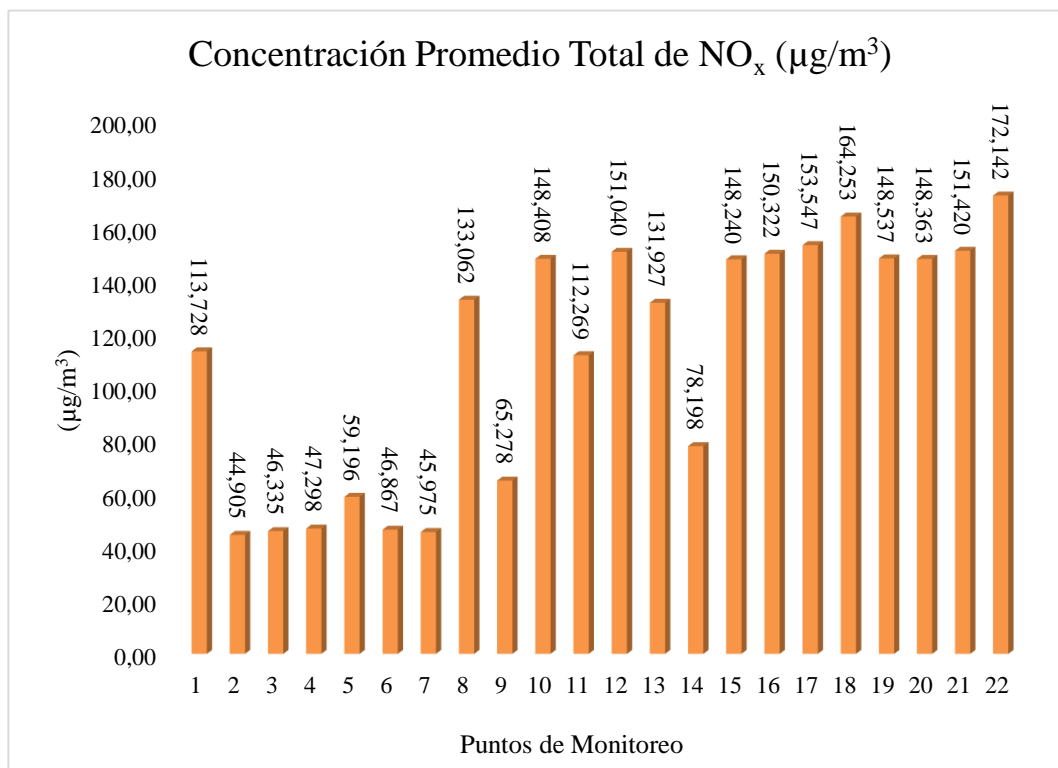


Gráfico 1-3: Concentración Promedio General de NO_x (µg/m³)

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

En el gráfico 1-3 se evidencia una concentración baja en el punto 2 con un valor de 44,905 µg/m³ de NO_x, esto se debe a la inexistencia de afluencia vehicular, mientras que el punto con la concentración mayor de NO_x es el punto 22 con un valor igual a 172,142 µg/m³, se estima que se debe que en la zona existen gran cantidad de locales comerciales y por ende el tráfico vehicular es mayor, además los automotores pasan varios minutos esperando el cambio del semáforo que dará paso a las distintas vías que encarrilarán a los automotores a las distintas arterias viales que conducirán a su destino final o temporal, cabe recalcar que más adelante también se encuentran dos instituciones educativas: “Santa Mariana de Jesús” y “Mercedes de Jesús Molina” emblemáticas instituciones representativas de

nuestra ciudad que albergan a un gran número de estudiantes que diariamente se trasladan a estos centros de estudios.

3.1.2. *Análisis mensual de las emisiones de NO_x en las 12 semanas de monitoreo.*

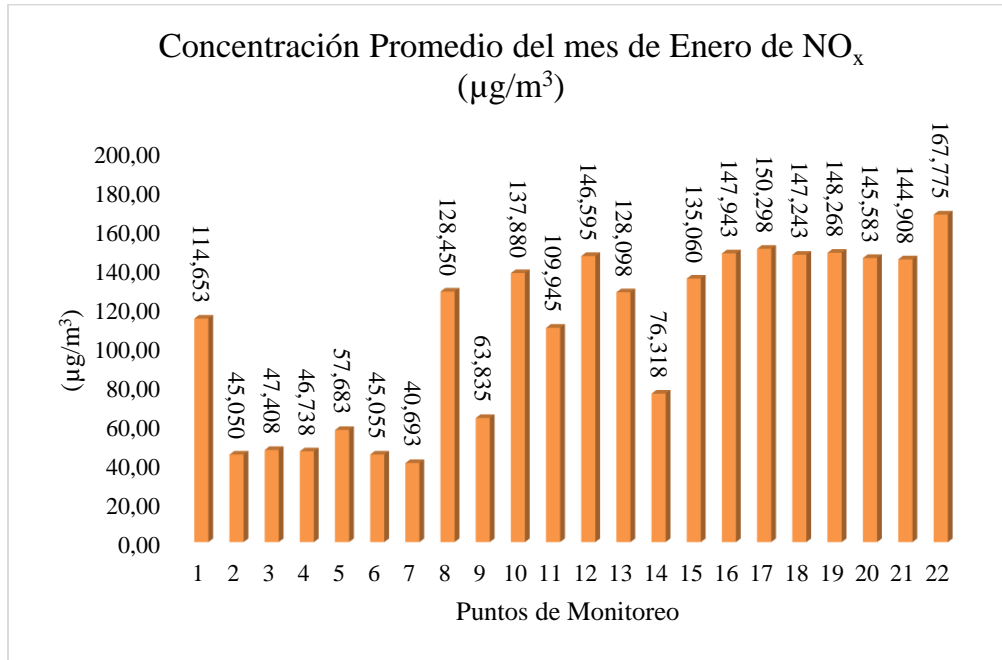


Gráfico 2-3: Concentración Promedio de NO_x (µg/m³) del mes de Enero del 2019.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

El gráfico 2-3 representa la emisión excesiva de NO_x en los puntos: 22 con una concentración igual a 167,775 µg/m³, seguida de la emisión del punto 17 con una concentración de 150,298 µg/m³ de NO_x, esto puede ser provocado por la confluencia de automóviles, pues en esta zona existen semáforos, por otra parte los puntos en los que se evidenció la emisión más baja, fueron en los puntos: 7 con una valor de emisión igual a 40,693 µg/m³ y el punto 2 con 45,050 µg/m³ de NO_x estos resultados están respaldados por Cuesta, et al (2017) en el que se refleja una concentración promedio de NO_x en el área urbana fue de 43,40 µg/m³ de NO_x.

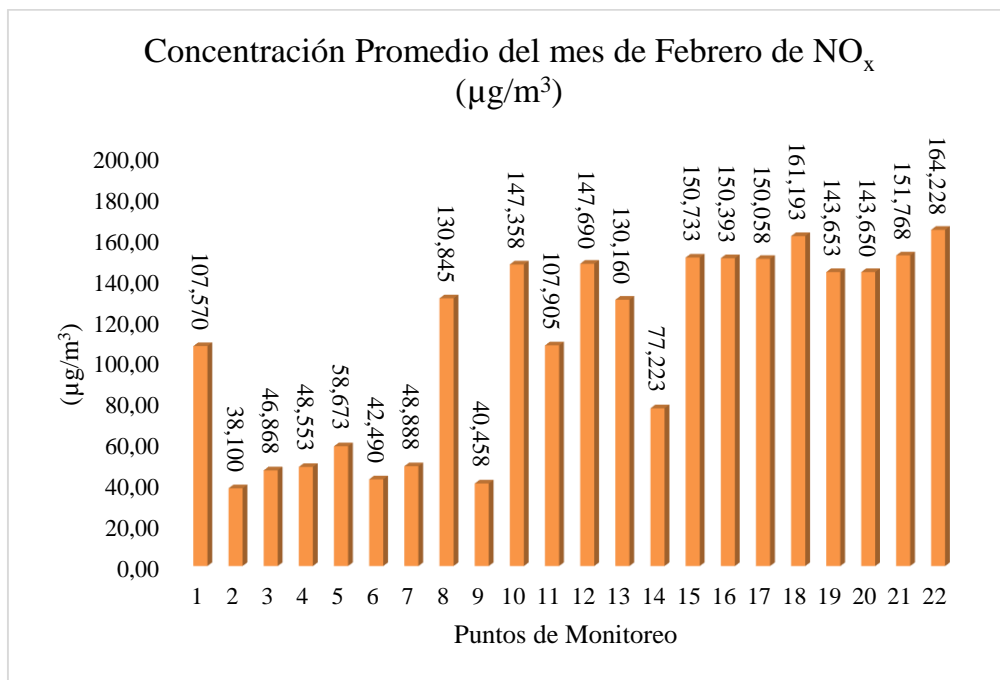


Gráfico 3-3: Concentración Promedio de NO_x (µg/m³) del mes de Febrero del 2019.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

El gráfico 3-3 muestra la concentración de NO_x en el segundo mes de monitoreo los resultados son similares a los resultados obtenidos en el primer mes, los puntos con mayor emisión de NO_x son los puntos: 22 con 164,228 µg/m³ de NO_x, y el punto 18 con 161,193 µg/m³ de NO_x, mientras que los valores de emisión más bajos son los puntos: 2 con un valor de emisión igual a: 38,100 µg/m³, y el punto 9 con 40,458 µg/m³ de NO_x, dichos puntos se ubicaron a la mitad de la vía, mismo por los cuales no hay un tránsito vehicular particular como lo menciona Cuesta (2017) donde afirma que al evaluar individualmente los niveles de NO_x medidos en los puntos de monitoreo, se encontraron las mayores concentraciones de estos gases en los puntos cercanos a corredores viales de Manizales con alto flujo vehicular. Particularmente, en P4 y P9, ambos de la zona residencial, se midieron las mayores concentraciones de NO_x de la red de monitoreo (82,2 y 59,1 µg/m³, respectivamente).

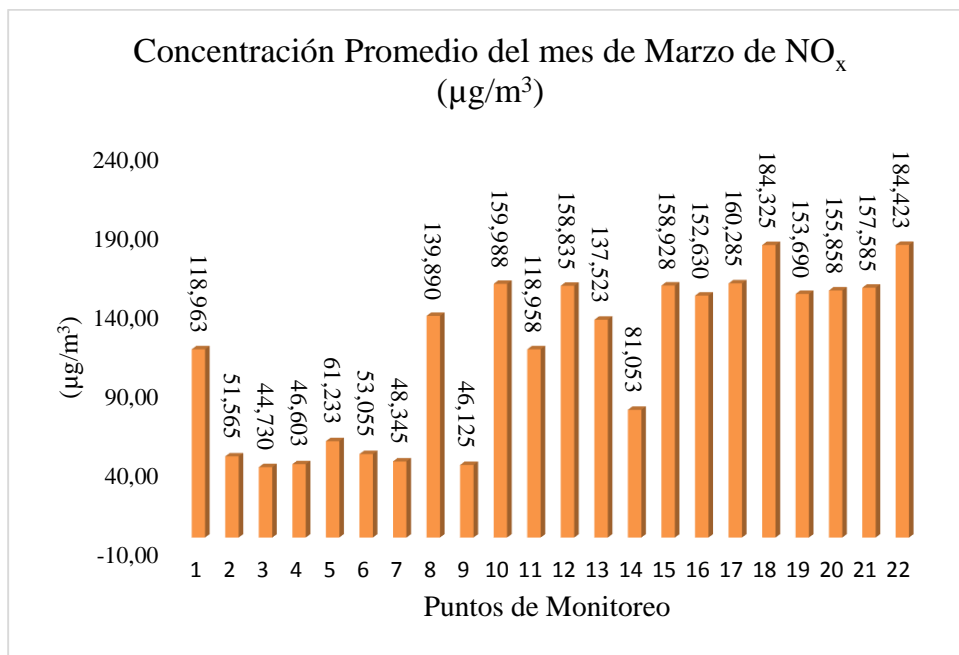


Gráfico 4-3: Concentración Promedio de NO_x (µg/m³) del mes de Marzo del 2019.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

En el gráfico 4-3 se observa que la concentración de NO_x emitida en el tercero y último mes de monitoreo, tiempo en el cual se pudo constatar la concentración más alta con respecto a los meses anteriores, evidenciando así mayor presencia de NO_x en los puntos 22 con 184,423 µg/m³ de NO₂, el punto 18 con 184,325 µg/m³ de NO₂; esto puede ser debido a los días de feriado que se presentaron en éstas fechas y por ende existe un incremento en el flujo vehicular, según Sanchez et al. (2017) las mayores concentraciones de NO_x registradas en P4 y P9 se pueden explicar porque la principal fuente de contaminantes son los vehículos en ruta. Los corredores viales cercanos a estos puntos son parte de las vías más importantes de la ciudad, con alta circulación de vehículos particulares, de transporte público y de carga. De acuerdo con el inventario de emisiones de fuentes antrópicas para Manizales (año base 2014), los vehículos en ruta representan el 98% de las emisiones totales de NO_x con una contribución de 4890 t/año. (González et al., 2017)

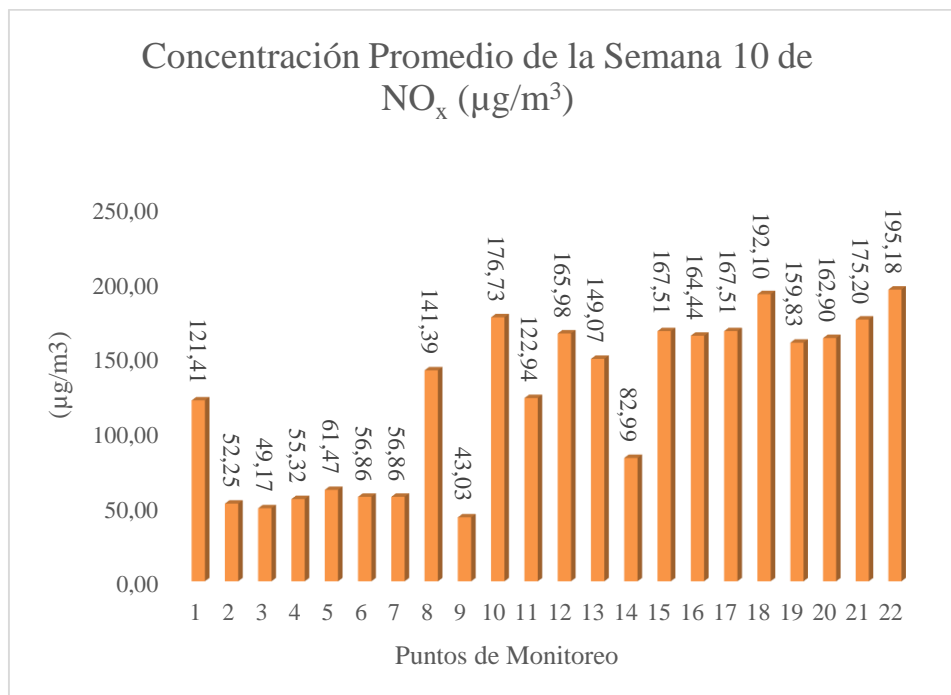


Gráfico 5-3: Concentración Promedio de NO_x (µg/m³) de la semana 10 (mes de marzo del 2019)

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

En el gráfico 5-3 podemos observar la concentración de NO_x emitida en la décima semana de monitoreo, la cual se realizó en los días: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 de marzo del 2019, tiempo en el cual se pudo constatar la concentración más alta con respecto a todo el tiempo de monitoreo, evidenciando así mayor presencia de NO_x en los puntos 22 con 195,18 µg/m³ de NO_x, el punto 18 con 192,10 µg/m³ de NO_x y el punto 10 con 176,73 µg/m³ de NO_x; debido a que en estas fechas se presentó el feriado de carnaval y si bien es cierto Riobamba no es una ciudad turística en estas fechas, las personas preferimos trasladarnos a otros sitios para disfrutar de esta memorable fiesta, lo cual implica el uso de automotores para llegar a nuestros destinos finales como lo expresa (Cueva 2017, p 54) donde en su semana 6 de monitoreo también se presentó un feriado nacional lo cual permitió que los valores de emisión de NO₂ alcancen los 46,460 µg/m³

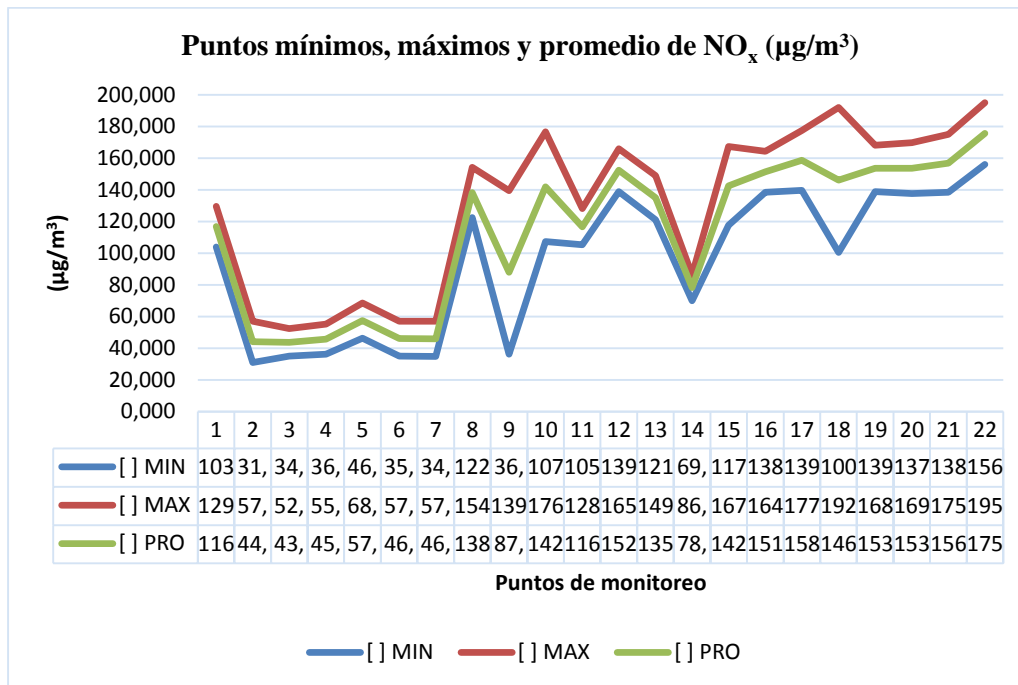


Gráfico 6-3: Puntos mínimos, máximos y promedio de NO_x (µg/m³) en los tres meses de monitoreo.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

En el gráfico 6-3 se puede apreciar que durante los tres meses de monitoreo existe una tendencia casi uniforme de emisiones; encontrando así el punto máximo de emisión siempre fue el punto 22 con una valor de 195,180 µg/m³ de NO_x, esto debido a que en este sitio aparte de que los automotores se estacionan varios minutos hasta esperar el cambio de semáforo, también existen varios sitios de diversos alimentos en donde también se puede constatar gran presencia vehicular sin dejar de mencionar que este punto se encuentra situado en la Vía a Chambo por donde también se puede llegar al Mercado Mayorista y por ende siempre hay tránsito vehicular; luego tenemos el punto mínimo que recae en el punto 2 con una emisión igual a 31,0 µg/m³ de NO_x, este punto se encontraba situado en la Avenida Juan Feliz Proaño y la calle La Valetta, en esta zona no existe mucha movilización, ni de vehículos ni de personas, aunque existen pequeños locales comerciales, la gente prefiere avanzar hasta los supermercados que se encuentran situados metros más adelante y por ende existen varias vías de acceso para llegar a los distintos destinos de interés para las personas de este sector, como lo afirma (Sanchez et al, 2017) demostrando que la concentración promedio de NO_x en sectores residenciales (39,8 µg/m³) superó la concentración promedio del sector comercial (49,1 µg/m³ de NO_x).

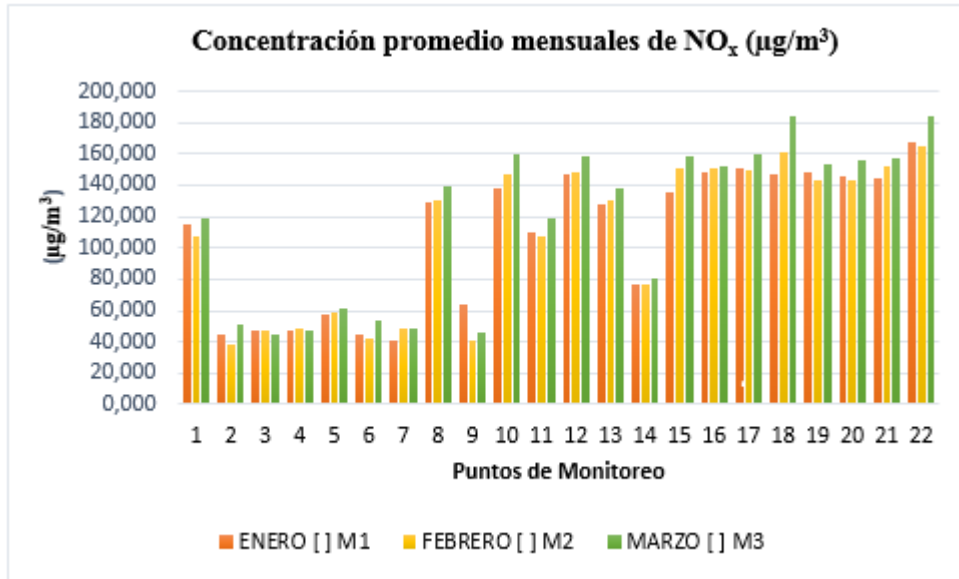


Gráfico 7-3: Concentración promedio durante los 3 meses de monitoreo.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

En la gráfica 7-3, se puede visualizar las concentraciones promedio mensuales de óxidos de nitrógeno, estas emisiones siguen una tendencia en los puntos del 2 al 7, lugares donde las concentraciones son bajas, esto debido a que es una zona residencial dentro de la cual la afluencia vehicular es muy baja, pero en contraste se puede apreciar que los puntos 8,10 al 13 y 15 al 22 las emisiones sobrepasan los 120ug/m³, esto se debe a la existencia de dos unidades educativas pues existe un incremento en el flujo vehicular durante las horas de entrada y salida de los estudiantes. (Miranda, 2017)

Al comparar las concentraciones de los promedios entre enero, febrero y marzo, se aprecia un incremento significativo en el mes de marzo esto se ve representado debido a los días de feriado que existieron durante este mes, pues la población residente de Riobamba utiliza estas vías para visitar las parroquias rurales y sectores aledaños a los puntos de monitoreo. Se debe considerar en este caso las temperaturas que se registraron en el mes de marzo, pues su influencia es directa con la generación de NO_x

3.2. Análisis de las concentraciones de NO y NO₂ empleando el software ArcGIS.

La realización de mapas temáticos fue necesario para tener un aproximamiento más real de las concentraciones de NO y NO₂ obtenidas durante las 12 semanas en la avenida 9 de octubre; con la ayuda del software ArcGIS y estableciendo una escala colorimétrica para determinar las variaciones de la concentración de este contaminante basándonos en la escala colorimétrica de concentración que este nos presenta. En la figura 1-3 se visualiza claramente la concentración de NO alcanzada en las 12 semanas con la ayuda de captadores pasivos, donde la tonalidad verde equivale a una baja concentración, mientras que la tonalidad anaranjada representa una concentración alta.

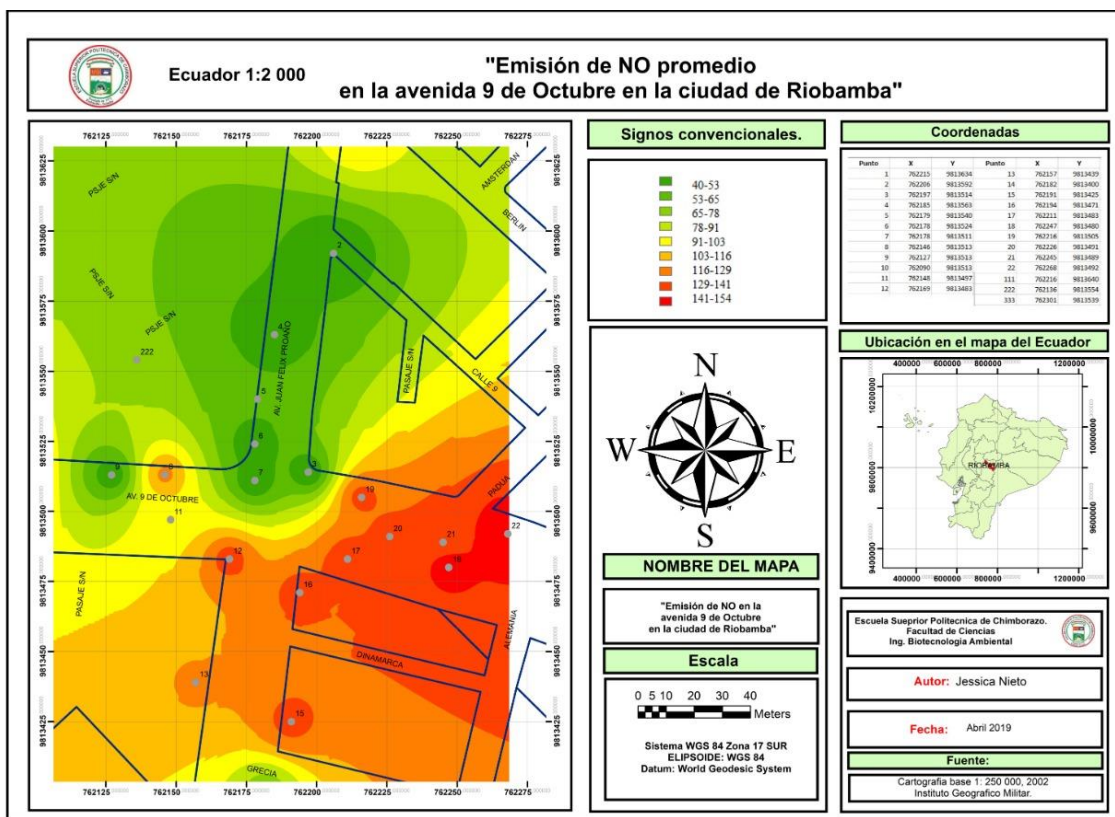


Figura 1-3: Mapa de emisión promedio de NO empleando ArcMap.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

La figura 1-3 simboliza la concentración promedio total de NO, en las 12 semanas de monitoreo, donde se puede visualizar que la tendencia de emisión de dicho contaminante se inclina hacia los puntos: 8, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, es decir hacia el este de nuestra zona de monitoreo, esto debido a que esta es una zona muy comercial donde la gente puede elegir deliberadamente la actividad que requiera realizar, cabe recalcar que a este sitio concurren personas aledañas al sector

así como también ajenas al mismo, sin dejar pasar por alto las instituciones educativas que se encuentran a escasos metros de la vía a San Luis y que acoge a una multitud de estudiantes que acuden a estos centros educativos diariamente.

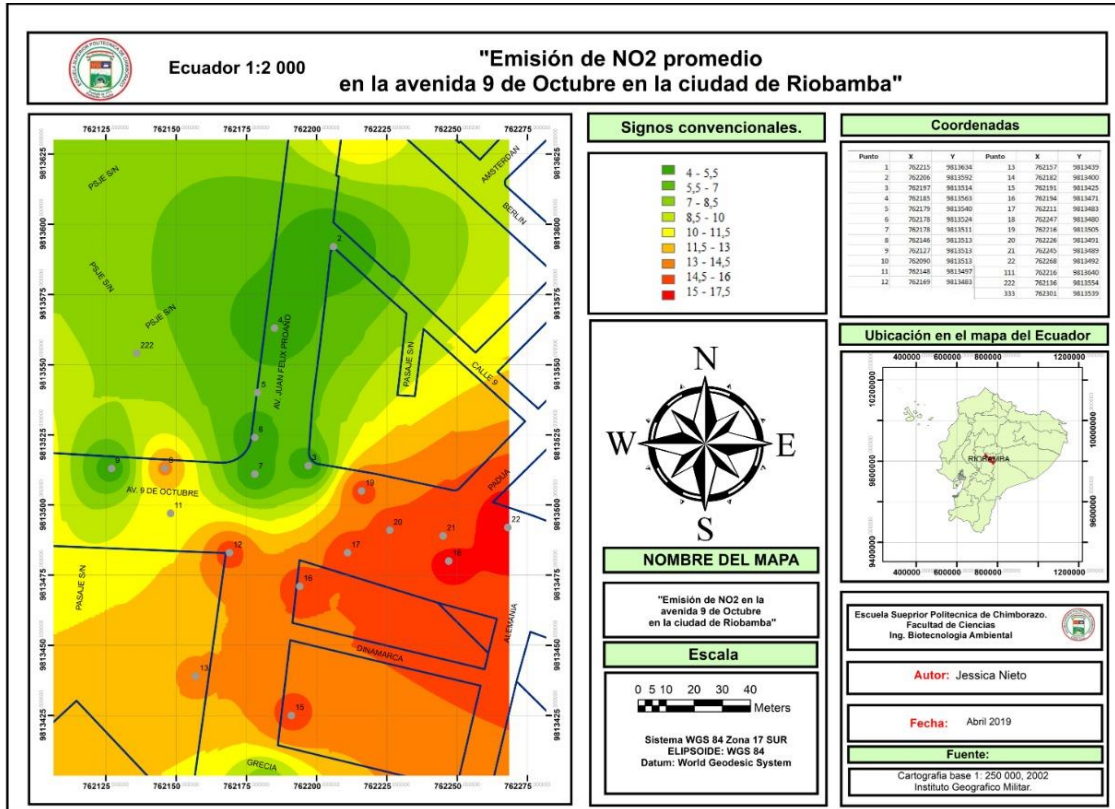


Figura 2-3: Mapa de emisión promedio de NO₂ empleando ArcMap.

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019.

La figura 2-3 representa la emisión de NO₂ generada en los tres meses de monitoreo, en este mapa podemos apreciar que la emisión más elevada está en los puntos: 8, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22; al igual que en la emisión de NO se eleva hacia el punto este y sur, puesto que es un monitoreo conjunto donde se puede establecer la emisión de ambos contaminantes, se sabe que el NO₂ es únicamente el 10% de NO_x total, por tal razón observamos una inclinación de ambos contaminantes hacia los mismos puntos y por las mismas razones tanto de ubicación de los puntos como su alto valor comercial en esta zona.

3.3. Análisis estadístico

De acuerdo a la bibliografía presentada interesa investigar la relación entre las concentraciones de NO_x y las variables meteorológicas, de tal manera que se pueda validar la información con un modelo estadístico; se realizó un análisis de regresión lineal múltiple utilizando el software SPSS Método Stepwise (paso a paso) con la intención de buscar de entre todas las posibles variables explicativas aquellas que revelen mejor a la variable dependiente sin que ninguna de ellas sea combinación lineal de las restantes. (Ver anexo E. TRATAMIENTOS ESTADÍSTICOS)

Tabla 2-3: Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error tipo de la estimación
1	0,773 ^a	0,597	0,585	0,358736
2	0,841 ^b	0,708	0,690	0,310129
3	0,899 ^c	0,809	0,791	0,254730
4	0,922 ^d	0,849	0,830	0,229750

* a. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo
b. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo, Humedad_Relativa
c. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo, Humedad_Relativa, Autos
d. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo, Humedad_Relativa, Autos, Temperatura

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019

Nos enfocamos en los estadísticos de bondad de ajuste, principalmente en el coeficiente de correlación múltiple que nos indica la proporción de la variabilidad explicada por las variables independientes, el cual es del 92% por lo que el modelo proporciona un buen ajuste.

Tabla 3-3: ANOVA

	Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	6,488	1	6,488	50,412	0,000 ^a
	Residual	4,376	34	0,129		
	Total	10,863	35			
2	Regresión	7,689	2	3,845	39,973	0,000 ^b
	Residual	3,174	33	0,096		
	Total	10,863	35			
3	Regresión	8,787	3	2,929	45,138	0,000 ^c
	Residual	2,076	32	0,065		
	Total	10,863	35			
4	Regresión	9,227	4	2,307	43,700	0,000 ^d
	Residual	1,636	31	0,053		
	Total	10,863	35			

a. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo

b. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo, Humedad_Relativa

c. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo, Humedad_Relativa, Autos

d. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_del_Suelo, Humedad_Relativa, Autos, Temperatura

e. Variable dependiente: Concentración_NO_x

Realizado por: Nieto Jéssica, 2019

El análisis de la varianza indica que el modelo de regresión significativo (p-valor aproximadamente cero, F43,400, p-valor<0,000). Por tanto, se admite que si hay asociación entre la variable dependiente de NO_x y las variables predictoras, rechazando la hipótesis nula de la no relación entre las variables, por tanto las variables que resultaron mejores descriptoras de la concentración de NO_x fueron: la temperatura del suelo, la humedad relativa, los autos y la temperatura atmosférica, condiciones características del clima de la ciudad de Riobamba la cual se encuentra a 2754 msnm; la temperatura promedio es de 14°C, las más altas registradas corresponden al mediodía con 23°C según el fragmento de un estudio realizado (Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas, 2007)

VARIABLES DE LAS CUALES DEPENDIÓ EN ALTO GRADO TANTO LA EMISIÓN DEL CONTAMINANTE POR PARTE DE LOS VEHÍCULOS ASÍ COMO LA EMISIÓN DEL MISMO POR PARTE DE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS ANTES MENCIONADOS.

CONCLUSIONES

- Con la estimación de las emisiones de NO_x se determinó que este contaminante no sobrepasa los límites permisibles establecidos por el MAE, 2003 donde establece que los valores permitidos para NO_x son de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x al año y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x en 24 horas y nuestro valor máximo de emisión abarca los $195,180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x en 8 días, es decir que existe una concentración de $24,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diaria.
- La cantidad máxima de NO_x se obtuvo en el punto 22 con una concentración de $172,142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x debido a que en este sitio se encuentra una alta afluencia tanto vehicular como peatonal por la presencia de locales comerciales, locales de comidas típicas, supermercados.
- La dispersión de los contaminantes según los mapas temáticos se dirige hacia el Este, es decir hacia la avenida Juan Félix Proaño, desde los semáforos que se encuentran ubicados donde se encuentra un importante local de comida típica zona donde existe gran afluencia vehicular y peatonal.
- El análisis estadístico demostró que los factores meteorológicos influyen en la dispersión de los contaminantes entre éstos los más relevantes fueron la temperatura del suelo, humedad relativa y temperatura ambiente, sin embargo los principales emisores de NO_x son los automóviles, esto viene dado por el análisis de varianza que indica que el modelo de regresión significativo (p -valor aproximadamente cero, $F_{43,400}$, p -valor $< 0,000$); por tanto, se admite que si hay asociación entre la variable dependiente de NO_x y las variables predictoras, rechazando la hipótesis nula de la no relación entre las variables.
- El estudio demuestra que los contaminantes si bien pueden ser emitidos por vehículos y producidos por algunas actividades que se realizan en el sector, los factores como la temperatura del suelo y del ambiente, la humedad y la cantidad de autos, son factores que influyen directamente en la cantidad de emisiones que se generan, sin embargo, es necesario considerar que la cantidad de emisiones no es lineal y que los factores o variables en estudio están relacionadas estrechamente.

RECOMENDACIONES

Establecer un mayor número de puntos de monitoreo y abarcar un área más amplia para así poder obtener datos más extensos que permita tener variabilidad y finiquitar de mejor forma la verdadera relación que existe entre variables dependientes e independientes.

Aumentar el tiempo de monitoreo para recaudar más información y así poder hacer comparaciones entre las dos estaciones que nuestro país posee con respecto a los datos meteorológicos que varían cada cierto tiempo.

Fomentar la educación de las personas en temas del cuidado de la calidad del aire.

Colocar señalética de precaución en los puntos de monitoreo para que los mismos lleguen en las mejores condiciones posibles al laboratorio para su respectivo análisis y que se garanticen así resultados óptimos.

Continuar con el presente estudio para poder establecer de mayor y mejor forma la emisión de estos y otros contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA

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.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AD DISEASE REGISTRY.. *Óxidos de Nitrógeno.* , pp. 0–1., 2002.

ARÁNGUEZ, E.,et al., *Contaminantes atmosféricos y su vigilancia,* 1999 , pp. 123–132.

ARCINIÉGAS, C. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM 10. ,2012, no. 34, pp. 195–213.

ARCGIS, *ArcGis Development.* [en línea] 2015. Disponible en: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>.

BRAVO, H., et. al, . Contaminación atmosférica por ozono en la zona metropolitana de la Ciudad de México: *Evolución histórica y perspectivas.*2007 ,

BUREAU VERITAS FORMACIÓN. Manual para la formación en medio ambiente. 2008. S.l.: s.n.

CABRERA, S. y GIACOBONE, G. *Monitoreo de Líquenes como bioindicadores de contaminación* [en línea]. 2010, S.l.: s.n. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=VYrzBuDzpiMC&pg=PA6&dq=Funciones+de+la+atmósfera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi3q5KWj-rhAhUFvFkKHStuD4kQ6AEIMTAC#v=onepage&q=Funciones de la atmósfera&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=VYrzBuDzpiMC&pg=PA6&dq=Funciones+de+la+atmósfera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi3q5KWj-rhAhUFvFkKHStuD4kQ6AEIMTAC#v=onepage&q=Funciones+de+la+atmósfera&f=false).

CARLOMAGNO, G. *La atmósfera: Origen , composición y estructura.* 2016

CARNICER, J. "Contaminación Atmosférica." *Contaminación Atmosférica* [en línea] 2008., vol. 1, pp. 320. Disponible en: http://books.google.com/books?id=86oL_Ybnwn8C&pgis=1.

CHILE, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. *El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación.* 2011.

CK-12. The atmosphere. [en línea] 2015. Disponible en: <https://www.ck12.org/earth-science/importance-of-the-atmosphere/lesson/Importance-of-the-Atmosphere-HS-ES/>.

COFFEY, J., 2010. What the atmosphere is? [en línea]. Disponible en:

<https://www.universetoday.com/54760/what-is-the-atmosphere/>.

COMISIÓN INTERAMERICANA PARA EL CONTROL DEL ABUSO DE DROGAS,

Perfil Geográfico Riobamba.2007. Disponible en:

https://www.cicad.oas.org/Main/Template.asp?File=/main/aboutcicad/about_spa.asp

CORPORACIÓN CHILENA MUTUAL. Emisiones Atmosféricas. [en línea], 2012, S.l.: s.n.

Disponible en.

<https://ww2.mutual.cl/LinkClick.aspx?fileticket=chqd09mo1qQ%3D&tabid=524...>

CUESTA, A.P., GONZÁLEZ, C.M. y VELASCO, M. *Distribución espacial de concentraciones de SO_x, NO.* 2018, vol. 34, no. X, pp. 489–504. DOI 10.20937/RICA.2018.34.03.11.

CUEVA, P. Estudio de SO₂ y NO₂ empleando muestreo pasivo en la zona industrial de vía a la costa - Guayaquil [en línea], 2016, S.l.: s.n. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7853/1/236T0287.pdf>.

ENVIRONMENTAL POLLUTION CENTERS. *What is Air Pollution?* [en línea], 2017.

Disponible en: <https://www.environmentalpollutioncenters.org/air/>.

FERNÁNDEZ, L. El papel de los óxidos de nitrógeno en el Cambio Climático . *Efectos sobre la salud.* 2015

GALLEGO, A., et.al. *Contaminación atmosférica* [en línea]. 2012. S.l.: s.n. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=7xYvtMyRP7EC&pg=PT49&dq=Funciones+de+la+atmósfera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi3q5KWjrhAhUFvFkKHSTuD4kQ6AEINTAD#v=snippet&q=Autodepuración&f=false>

[rhAhUFvFkKHSTuD4kQ6AEINTAD#v=snippet&q=Autodepuración&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=7xYvtMyRP7EC&pg=PT49&dq=Funciones+de+la+atmósfera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi3q5KWjrhAhUFvFkKHSTuD4kQ6AEINTAD#v=snippet&q=Autodepuración&f=false).

GEOGRAPHY NOTES, *Atmosphere: Compilation of Term Papers on the Atmosphere.* [en línea]

2014. Disponible en: <http://www.geographynotes.com/term-paper/atmosphere-term-paper/atmosphere-compilation-of-term-papers-on-the-atmosphere-geography/5174>.

GUARDIO, P. "Estructura del SPS". *Spss Basic* [en línea] 2010. S.l.: s.n., pp. 1–26. Disponible en:

https://www.um.es/docencia/pguardio/documentos/spss_1.pdf.

KAZMEYER, M. *Importance of the Earth's Atmosphere.* [en línea] 2018. Disponible en:

<https://sciencing.com/importance-earths-atmosphere-5070.html>.

LI, M. y MALLAT, L. *Health impacts of air pollution.* , 2018,. July.

MACPHERSON, Z. The atmosphere [en línea] 2010, . S.l.: s.n. ISBN 978-1-935473-04-6.
Disponible en:
<https://books.google.com.ec/books?id=DsJktg3Dgs8C&printsec=frontcover&dq=atmosphere&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjF9uSJhuThAhVsg-AKHZtpARAQ6AEIKDAA#v=onepage&q=atmosphere&f=false>.

MIRANDA, G.,. *Evaluación del comportamiento de los contaminantes atmosféricos en el fin de semana en el centro histórico de la ciudad de Riobamba* [en línea] 2017. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en:
<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/7849/1/236T0285.pdf>.

MORALES, A.,. Ventajas del ArcGis. [en línea] 2019. Disponible en:
<https://mappinggis.com/2016/11/ventajas-inconvenientes-utilizar-aplicaciones-gis-en-la-nube/>.

OLTRA, C. y SALA, R. Perception of risk from air pollution and reported behaviors : a cross-sectional survey study in four cities cross-sectional survey study in four cities. *Journal of Risk Research* [en línea], 2016, vol. 9877, no. December, pp. 1–16. ISSN 1366-9877. DOI 10.1080/13669877.2016.1264446. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2016.1264446>.

PIELKE, R. Atmosphere. [en línea] 2015, Disponible en:
<https://www.britannica.com/science/atmosphere>.

PUERTA, R., RENGIFO, J. y BRAVO, N. ARCGIS BÁSICO. *ArcGis* [en línea] 2011. Tingo-María: s.n., Disponible en: <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>.

RED SAUCE., 2015. *Control y eliminación de NOx.* [en línea], no. 2. Disponible en:
libros.redsauce.net.

REESE, N. *The impact of air pollution on children.* 2016 S.l.: s.n. ISBN 9789280648546.

SAHA, K. The Earth's Atmosphere: Its Physics and Dynamics [en línea]. 2008, S.l.: s.n. ISBN 978-3-540-78426-5. Disponible en:
<https://books.google.com.ec/books?id=Jlb5PtwpkI8C&pg=PA9&dq=atmosphere&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwjF9uSJhuThAhVsg-
AKHZtpARAQ6AEIRTAE#v=onepage&q=atmosphere&f=false.

SALVAI, A. *Recurso aire*. [en línea] 2011, pp. 1–28. Disponible en:
https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/.../RECURSO_AIRE.pdf?

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Aire. [en línea]. 2018. Disponible en:
<https://espanol.epa.gov/espanol/aire>.

WHO-EUROPE REPORTS HEALTH ASPECTS OF AIR POLLUTION. Contaminación atmosférica. 2012 , pp. 1–10.

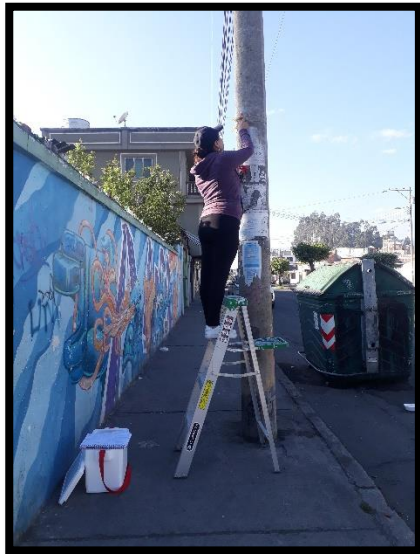
WORLD BANK GROUP. *Nitrogen Oxides*. [en línea] 1998, no. x. Disponible en:
<https://www.worldbank.org/>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION Air Pollution [en línea] 2017. S.l.: s.n. Disponible en:
<https://www.afro.who.int/health-topics/air-pollution>.

WUNDERLICH, M. “Análisis de la Contaminación Atmosférica Provocada por Buques en base a las Exigencias del Anexo VI del MARPOL 73/78”. 2005,

ANEXOS

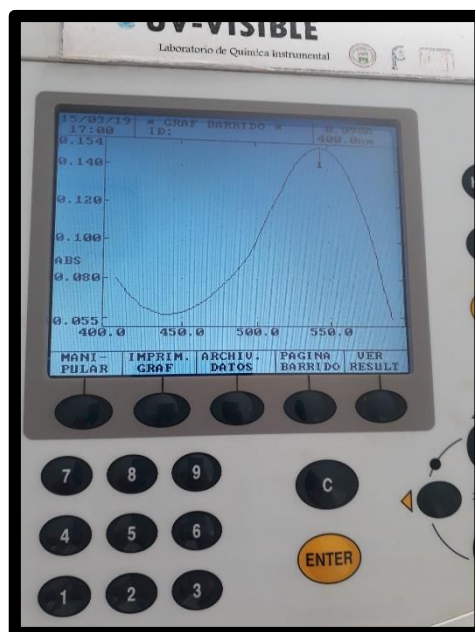
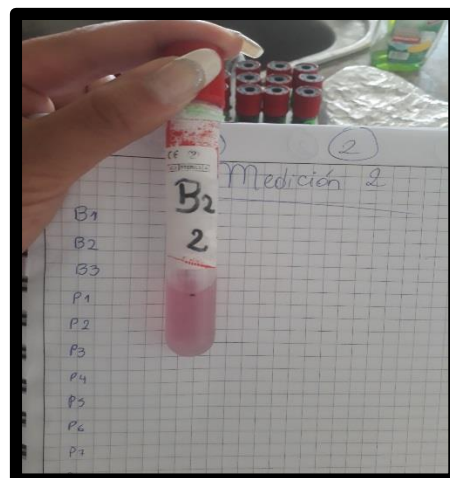
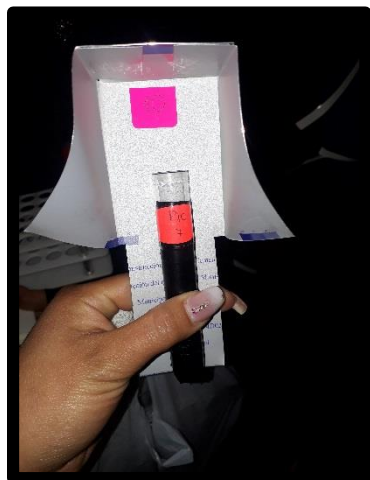
ANEXO A. MUESTREO



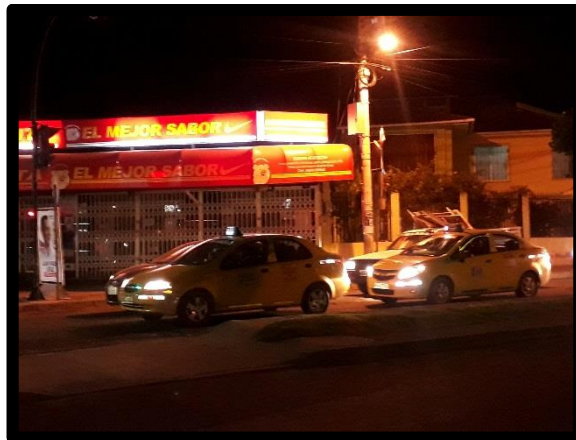
ANEXO B: PREPARACIÓN DE REACTIVOS



ANEXO C. RESULTADOS VISUALES Y DE ABSORBANCIA



ANEXO D: AFLUENCIA VEHICULAR



ANEXOS E: TRATAMIENTOS ESTADÍSTICOS

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	
	B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	3,165	0,891		3,552	0,001
	Autos	0,006	0,001	0,477	4,913	0,000
	Temperatura	-0,074	0,054	-0,522	-1,364	0,184
	Humedad_Relativa	0,011	0,003	0,425	3,397	0,002
	Presión_Atmosférica	-0,002	0,001	-0,119	-1,670	0,107
	Radiación_Solar	0,000	0,000	0,079	0,541	0,593
	Temperatura_Suelo	-0,070	0,020	-0,396	-3,485	0,002
	Dir_max_Viento	0,001	0,001	0,061	0,737	0,468
	Sensación_Térmica	0,014	0,058	0,077	0,250	0,805
2	(Constante)	3,149	0,874		3,604	0,001
	Autos	0,006	0,001	0,473	5,043	0,000
	Temperatura	-0,062	0,028	-0,440	-2,236	0,034
	Humedad_Relativa	0,012	0,003	0,438	3,930	0,001
	Presión_Atmosférica	-0,002	0,001	-0,121	-1,726	0,095
	Radiación_Solar	0,000	0,000	0,087	0,624	0,538
	Temperatura_Suelo	-0,069	0,020	-0,393	-3,538	0,001
	Dir_max_Viento	0,001	0,001	0,071	0,988	0,332
	3	(Constante)	3,217	0,858		3,749
Autos		0,006	0,001	0,478	5,168	0,000
Temperatura		-0,050	0,019	-0,353	-2,566	0,016
Humedad_Relativa		0,012	0,003	0,438	3,972	0,000
Presión_Atmosférica		-0,002	0,001	-0,126	-1,837	0,076
Temperatura_Suelo		-0,076	0,016	-0,434	-4,892	0,000
Dir_max_Viento		0,001	0,001	0,067	0,947	0,352
4		(Constante)	3,402	0,834		4,080
	Autos	0,006	0,001	0,488	5,324	0,000
	Temperatura	-0,053	0,019	-0,377	-2,787	0,009
	Humedad_Relativa	0,011	0,003	0,432	3,927	0,000
	Presión_Atmosférica	-0,002	0,001	-0,123	-1,796	0,083
	Temperatura_Suelo	-0,077	0,016	-0,439	-4,963	0,000

Resumen del modelo variable autos

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,006 ^a	0,000	-0,029	0,564309

a. Variables predictoras: (Constante), Autos

Resumen del modelo variable temperatura

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,643 ^a	0,413	0,396	0,432410

a. Variables predictoras: (Constante), Temperatura

Resumen del modelo variable humedad relativa

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,584 ^a	0,341	0,322	0,457988

a. Variables predictoras: (Constante), Humedad_Relativa

Resumen del modelo variable presión atmosférica

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,152 ^a	0,023	-0,006	0,557782

a. Variables predictoras: (Constante), Presión_Atmosférica

Resumen del modelo variable radiación solar

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,255 ^a	0,065	0,038	0,545668

a. Variables predictoras: (Constante), Radiación_Solar

Resumen del modelo variable temperatura del suelo

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,767 ^a	0,588	0,576	0,362089

a. Variables predictoras: (Constante), Temperatura_Suelo

Resumen del modelo variable dirección máxima del viento

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,290 ^a	0,084	0,057	0,540147

a. Variables predictoras: (Constante), Dir_max_Viento

Resumen del modelo variable sensación térmica

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,608 ^a	0,370	0,352	0,447868

a. Variables predictoras: (Constante), Sensación_Térmica