



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

**“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA ESTACIÓN DE  
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DEL GAD  
MUNICIPALIDAD DE AMBATO MEDIANTE LOS  
CONTAMINANTES DIÓXIDO DE NITRÓGENO Y OZONO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: SANDRA PAOLA FREIRE RUMIPAMBA**

**TUTORA: MARÍA RAFAELA VITERI USCÁTEGUI**

Riobamba-Ecuador

2017

©2017, Sandra Paola Freire Rumipamba.

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**  
**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El proyecto técnico: “DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DEL GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO MEDIANTE LOS CONTAMINANTES DIÓXIDO DE NITRÓGENO Y OZONO”, de responsabilidad de la señorita Sandra Paola Freire Rumipamba, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Rafaela Viteri <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	-----	-----
Ing. Juan Carlos González <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	-----	-----

Yo, SANDRA PAOLA FREIRE RUMIPAMBA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

-----

**Sandra Paola Freire Rumipamba**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo a Dios Todo Poderoso, por todas sus bendiciones que me han permitido culminar con éxito mi formación profesional.

A toda mi querida Familia, que compartieron los momentos buenos y malos durante mi carrera universitaria brindándome su ayuda y cariño en todo momento.

A mi querida madre Lourdes, que ha sido el pilar fundamental en mi vida, me ha colmado de amor, me ha apoyado incondicionalmente y creyó siempre en mí.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme las bases académicas para mi formación profesional.

**Sandra Paola Freire Rumipamba**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la salud, la sabiduría y poner en mi vida personas maravillosas. Por permitirme terminar con éxito mi Carrera Profesional.

A mi madre, por haberme brindado más de lo que sus fuerzas le permitían. Por amarme, cuidarme y apoyarme incondicionalmente.

A mi padre, por sus sabios consejos. Por confiar en mí y por su apoyo durante mi formación académica.

A mi querida familia, Rosa, Jacinto, Doris, Walter, José, Valeria, por el cariño y apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A mi compañero de vida, Alex Llamuca, por todo su cariño y apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria.

A mi querida tutora, la Ingeniera Rafaela Viteri, quien supo guiarme, asesorarme y apoyarme en la realización de mi Trabajo de Titulación. Por su calidad humana y por confiar en mí.

A la Ingeniera Mónica Murillo, quien supo compartirme sus conocimientos durante mi carrera universitaria y en la realización de mi trabajo de titulación fue un pilar fundamental.

Al Ingeniero Juan Carlos González, por sus valiosas aportaciones que hicieron posible la realización de mi Trabajo de Titulación.

A la Ingeniera Diana Fiallos, por brindarme la oportunidad de realizar mi Trabajo de Titulación en el GADMA.

**Sandra Paola Freire Rumipamba**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ACRÓNIMO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>ABS</b>	Absorbancia
<b>cm</b>	Centímetros
<b>COVs</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>DPE</b>	1,2 di (4 piridil) etileno
<b>DCYGA</b>	Dirección de Control y Gestión Ambiental
<b>DTTM</b>	Dirección De Tránsito, Transporte Y Movilidad
<b>EMCA</b>	Estación de monitoreo de calidad del aire
<b>GAD</b>	Gobierno autónomo descentralizado
<b>GADMA</b>	Gobierno autónomo descentralizado Municipalidad de Ambato
<b>MBTH</b>	metil-2-benzotiazolinona hidrazona hidrocloreuro
<b>mL</b>	Mililitros
<b>mm</b>	Milímetros
<b>MPS</b>	material particulado sedimentable
<b>NEDA</b>	N-1naftiletildiamina di clorhidrato
<b>nm</b>	Nanometros
<b>NO</b>	Monóxido de Nitrógeno
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Nitrógeno
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozono
<b>Pa</b>	Pascales
<b>PDOT</b>	Plan de Ordenamiento Territorial
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>TEA</b>	Trietanolamina
<b>Ton</b>	Toneladas
<b>UV</b>	radiación ultravioleta
<b>ug/m<sup>3</sup></b>	Microgramos por metro cúbico
<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>°K</b>	Grados Kelvin

## TABLA DE CONTENIDOS

	Páginas
PORTADA	
DERECHO DE AUTOR.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	vii
TABLA DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiv
ÍNDICE DE MAPAS .....	xv
INDICE DE ECUACIONES.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.</b>	<b>La Atmósfera.....</b>	<b>7</b>
<i>1.1.1.</i>	<i>Capas de la Atmósfera .....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.1.1.</i>	<i>Tropósfera.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.1.2.</i>	<i>Estratósfera.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.1.3.</i>	<i>Mesósfera.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.1.4.</i>	<i>Ionósfera .....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.1.5.</i>	<i>Exósfera .....</i>	<i>8</i>
<b>1.2.</b>	<b>Contaminación atmosférica .....</b>	<b>8</b>
<i>1.2.1.</i>	<i>Contaminantes primarios.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.2.</i>	<i>Contaminantes secundarios.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.3.</i>	<i>Principales fuentes de contaminación del aire .....</i>	<i>9</i>
<b>1.3.</b>	<b>Ozono .....</b>	<b>9</b>



1.3.1.	<i>Formación</i> .....	9
1.3.2.	<i>Ozono estratosférico</i> .....	10
1.3.3.	<i>Ozono troposférico</i> .....	10
1.3.4.	<i>Efectos en la salud</i> .....	10
1.3.5.	<i>Efectos al ambiente</i> .....	10
1.4.	<b>Dióxido de nitrógeno</b> .....	11
1.4.1.	<i>Formación</i> .....	11
1.4.2.	<i>Efectos en la salud</i> .....	11
1.4.3.	<i>Efectos al ambiente</i> .....	11
1.5.	<b>Legislación</b> .....	12
1.6.	<b>Muestreo pasivo</b> .....	12
1.6.1.	<i>Captador pasivo para ozono</i> .....	13
1.6.2.	<i>Captador pasivo para dióxido de nitrógeno</i> .....	14
1.7.	<b>Aspectos generales de la zona a muestrear</b> .....	14
1.8.	<b>Estación de monitoreo de Calidad del Aire</b> .....	15
1.9.	<b>Análisis Estadístico de correlación</b> .....	16
1.9.1.	<i>Coefficiente de Correlación de Pearson</i> .....	17
1.10.	<b>Análisis Espacial por Interpolación</b> .....	17
1.10.1.	<i>Kriging</i> .....	17
1.10.2.	<i>ArcGis</i> .....	18

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	19
2.1.	<b>Localización del proyecto</b> .....	19
2.2.	<b>Proceso productivo</b> .....	19
2.2.1.	<i>Selección de los puntos de Muestreo</i> .....	19
2.2.2.	<i>Proceso metodológico</i> .....	21
2.3.	<b>Preparación del líquido absorbedor para Dióxido de Nitrógeno</b> .....	22
2.3.1.	<i>Materiales</i> .....	22
2.3.2.	<i>Reactivos</i> .....	22
2.3.3.	<i>Equipos</i> .....	22
2.3.4.	<i>Preparación -Experimental</i> .....	22
2.3.5.	<i>Procedimiento-Campo</i> .....	23
2.3.6.	<i>Análisis de las muestras - Laboratorio</i> .....	23
2.3.6.1.	<i>Solución 1</i> .....	23
2.3.6.2.	<i>Solución 2</i> .....	23

2.3.7.	<i>Elaboración de la curva de calibración.....</i>	24
2.3.7.1.	<i>Preparación de la solución patrón .....</i>	24
2.3.7.2.	<i>Preparación de la solución stock.....</i>	24
2.3.8.	<i>Cálculo de la concentración del dióxido de nitrógeno.....</i>	24
2.4.	<b>Preparación del líquido absorbedor para ozono troposférico .....</b>	<b>25</b>
2.4.1.	<i>Materiales .....</i>	25
2.4.2.	<i>Reactivos.....</i>	26
2.4.3.	<i>Equipos .....</i>	26
2.4.4.	<i>Preparación-Experimental.....</i>	26
2.4.5.	<i>Procedimiento-Campo.....</i>	27
2.4.6.	<i>Análisis de las muestras-Laboratorio .....</i>	27
2.4.7.	<i>Cálculo de la concentración de ozono.....</i>	27
2.5.	<b>Procesamiento de datos .....</b>	<b>28</b>
2.5.1.	<i>Análisis estadístico .....</i>	28
2.5.2.	<i>Elaboración de Mapas .....</i>	28

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
3.1.	<b>Semana 1. Del 07 al 13 de Junio del 2017.....</b>	<b>29</b>
3.2.	<b>Semana 2. Del 14 al 20 de Junio del 2017.....</b>	<b>30</b>
3.3.	<b>Semana 3. Del 21 al 27 de Junio del 2017.....</b>	<b>30</b>
3.4.	<b>Semana 4. Del 28 de Junio al 04 de Julio del 2017 .....</b>	<b>31</b>
3.5.	<b>Semana 5. Del 05 al 11 de Julio del 2017.....</b>	<b>32</b>
3.6.	<b>Semana 6. Del 12 al 18 de Julio del 2017.....</b>	<b>33</b>
3.7.	<b>Semana 7. Del 19 al 25 de Julio del 2017.....</b>	<b>33</b>
3.8.	<b>Promedio diario 26 de Julio del 2017 .....</b>	<b>34</b>
3.9.	<b>Promedio diario 27 de Julio del 2017 .....</b>	<b>35</b>
3.10.	<b>Promedio diario 28 de Julio del 2017 .....</b>	<b>36</b>
3.11.	<b>Promedio diario 29 de Julio del 2017 .....</b>	<b>36</b>
3.12.	<b>Promedio diario 30 de Julio del 2017 .....</b>	<b>37</b>
3.13.	<b>Resultados Concentraciones Semanales según la norma.....</b>	<b>38</b>
3.14.	<b>Resultados Concentraciones diarias según la norma.....</b>	<b>39</b>
3.15.	<b>Análisis Estadístico de Correlación .....</b>	<b>39</b>
3.15.1.	<i>Análisis de correlación ozono troposférico .....</i>	39
3.15.2.	<i>Análisis de correlación Dióxido de Nitrógeno .....</i>	40

<b>3.16.</b>	<b>Mapas de Concentración en ArcGis .....</b>	<b>41</b>
<b>3.16.1.</b>	<b><i>Mapas de Concentración de ozono troposférico .....</i></b>	<b>42</b>
<b>3.16.2.</b>	<b><i>Mapas de Concentración de dióxido de nitrógeno.....</i></b>	<b>50</b>
<b>3.17.</b>	<b>Discusión de Resultados.....</b>	<b>57</b>

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>PROPUESTA .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.</b>	<b>Legislación .....</b>	<b>59</b>
<b>4.3.</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3.1.</b>	<b><i>Objetivo 1.....</i></b>	<b>60</b>
<b>4.3.2.</b>	<b><i>Objetivo 2.....</i></b>	<b>61</b>

	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
--	--------------------------	-----------

	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
--	-----------------------------	-----------

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Concentraciones de contaminantes criterio para niveles de alerta .....	12
<b>Tabla 1-2:</b> Puntos de muestreo.....	20
<b>Tabla 2-2:</b> Fecha de muestreo .....	20
<b>Tabla 1-3:</b> Concentraciones promedio semana 1 .....	29
<b>Tabla 2-3:</b> Concentraciones promedio semana 2 .....	30
<b>Tabla 3-3:</b> Concentraciones promedio semana 3 .....	30
<b>Tabla 4-3:</b> Concentraciones promedio semana 4 .....	31
<b>Tabla 5-3:</b> Concentraciones promedio semana 5 .....	32
<b>Tabla 6-3:</b> Concentraciones promedio semana 6 .....	33
<b>Tabla 7-3:</b> Concentraciones promedio semana 7 .....	33
<b>Tabla 8-3:</b> Concentraciones promedio - día 1 .....	34
<b>Tabla 9-3:</b> Concentraciones promedio - día 2.....	35
<b>Tabla 10-3:</b> Concentraciones promedio - día 3 .....	36
<b>Tabla 11-3:</b> Concentraciones promedio - día 4.....	36
<b>Tabla 12-3:</b> Concentraciones promedio - día 5 .....	37
<b>Tabla 13-3:</b> Concentraciones de O <sub>3</sub> según la norma .....	38
<b>Tabla 14-3:</b> Concentraciones de NO <sub>2</sub> según la norma .....	38
<b>Tabla 15-3:</b> Concentraciones de O <sub>3</sub> según la norma .....	39
<b>Tabla 16-3:</b> Concentraciones de NO <sub>2</sub> según la norma .....	39
<b>Tabla 17-3:</b> Correlación Ozono troposférico .....	40
<b>Tabla 18-3:</b> Correlación Dióxido de Nitrógeno .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Capas de la atmósfera.....	7
<b>Figura 2-1</b>	Concentración de O <sub>3</sub> de la calidad del aire según la OMS.....	12
<b>Figura 3-1</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> de la calidad del aire según la OMS.....	12
<b>Figura 4-1</b>	Tubos pasivos para NO <sub>2</sub> (color blanco) y Tubos pasivos para O <sub>3</sub> (color azul) .....	13
<b>Figura 5-1</b>	Ambato.....	15
<b>Figura 6-1</b>	Estación de Monitoreo .....	15
<b>Figura 7-1</b>	Datalogger de la estación de monitoreo .....	16
<b>Figura 8-1</b>	Interpretación del coeficiente de correlación. ....	17
<b>Figura 1-2</b>	Ubicación de la estación de monitoreo de la calidad del aire del GADMA.....	19
<b>Figura 2-2</b>	Procedimiento metodológico.....	21
<b>Figura 3-2</b>	Curva de calibración para NO <sub>2</sub> .....	25

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 1.....	29
<b>Gráfico 2-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 2.....	30
<b>Gráfico 3-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 3.....	31
<b>Gráfico 4-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 4.....	31
<b>Gráfico 5-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 5.....	32
<b>Gráfico 6-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 6.....	33
<b>Gráfico 7-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 7.....	34
<b>Gráfico 8-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 1.....	34
<b>Gráfico 9-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 2.....	35
<b>Gráfico 10-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 3.....	36
<b>Gráfico 11-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 4.....	37
<b>Gráfico 12-3</b>	Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 5.....	37

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1-3</b>	Concentración de Ozono Troposférico Semana 1.....	42
<b>Mapa 2-3</b>	Concentración de Ozono Troposférico Semana 2.....	43
<b>Mapa 3-3</b>	Concentración de Ozono Troposférico Semana 3.....	44
<b>Mapa 4-3</b>	Concentración de Ozono Troposférico Semana4.....	45
<b>Mapa 5-3</b>	Concentración de Ozono Troposférico Semana 5.....	46
<b>Mapa 6-3</b>	Concentración de Ozono Troposférico Semana 6.....	47
<b>Mapa 7-3</b>	Concentración de Ozono Troposférico Semana 7.....	48
<b>Mapa 8-3</b>	Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 1 .....	50
<b>Mapa 9-3</b>	Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 2 .....	51
<b>Mapa 10-3</b>	Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 3 .....	52
<b>Mapa 11-3</b>	Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 4 .....	53
<b>Mapa 12-3</b>	Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 5 .....	54
<b>Mapa 13-3</b>	Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 6 .....	55
<b>Mapa 14-3</b>	Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 7 .....	56

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1</b>	Formación de ozono. Etapa 1.....	10
<b>Ecuación 2-1</b>	Formación de ozono. Etapa 2.....	10
<b>Ecuación 3-1</b>	Formación de NO <sub>2</sub> .....	11
<b>Ecuación 4-1</b>	Coefficiente de Pearson.....	17
<b>Ecuación 1-2</b>	Masa de nitritos.....	24
<b>Ecuación 2-2</b>	Concentración ambiente de NO <sub>2</sub> .....	25
<b>Ecuación 3-2</b>	Coefficiente de difusión.....	25
<b>Ecuación 4-2</b>	Concentración de ozono.....	27



## INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Preparación del Líquido Absorbedor NO<sub>2</sub>
- ANEXO B.** Preparación de los tubos muestreadores de NO<sub>2</sub>
- ANEXO C.** Preparación del Líquido Absorbedor O<sub>3</sub>
- ANEXO D.** Preparación de los tubos muestreadores O<sub>3</sub>
- ANEXO E.** Colocación de los tubos muestreadores
- ANEXO F.** Tubo muestreador de O<sub>3</sub>
- ANEXO G.** Tubo muestreador de NO<sub>2</sub>
- ANEXO H.** Análisis de los tubos muestreadores de NO<sub>2</sub>
- ANEXO I.** Análisis de los tubos muestreadores de O<sub>3</sub>
- ANEXO J.** Volante para socialización con la comunidad

## RESUMEN

En la presente investigación se realizó la determinación de la eficiencia de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (GADMA) en función de la concentración de dióxido de nitrógeno y ozono. Se establecieron 21 puntos de monitoreo de manera aleatoria para realizar el muestreo pasivo de dióxido de nitrógeno y ozono durante los meses de junio y julio del 2017. Se prepararon tubos captadores con una solución de 1,2 di 4-piridil etileno (DPE) para ozono y una solución de trietanolamina (TEA) para el dióxido de nitrógeno. Se realizó un análisis por espectrofotometría. Se empleó metil-2-benzotiazolinona hidrazona hidrocloreto (MBTH) para ozono a una longitud de onda de 442nm. Para el análisis de dióxido de nitrógeno se utilizó N-1 naftiletilendiamina (NEDA) y sulfanilamida a una longitud de onda de 540 nm. Se realizaron gráficas de barras donde se determinó el número de puntos que sobrepasan los niveles de concentración reportados por la Estación. Mediante un análisis de correlación en el software SPSS, se determinó que para el ozono no existe relación significativa entre los datos reportados por la Estación y los datos del muestreo pasivo. Mientras que para el dióxido de nitrógeno la relación entre los datos reportados por la Estación y los datos del muestreo pasivo es moderada. Se realizaron mapas de concentración con el método de interpolación Kriging, en el software ArcGis. Se concluye que la Estación de monitoreo es eficiente en un 37.8 % para la medición de Ozono troposférico y 47.6 % para la medición de dióxido de nitrógeno. Se determinó que el redondel de Huachi Chico y la Avenida Atahualpa son las zonas con mayores concentraciones de dióxido de nitrógeno y ozono. En función de los resultados se recomienda reubicar la Estación moviéndola 800 metros sentido Sur-este.

**PALABARAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BIOTECNOLOGÍA>, <DIÓXIDO DE NITRÓGENO>, <OZONO>. <MUESTREO PASIVO>, <ESTACIÓN DE MONITOREO>, <CALIDAD DEL AIRE>.

## SUMMARY

In the current research was carried out the determination of Air Quality Monitoring Station efficiency from Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato (GADMA) in function of concentration of nitrogen dioxide and ozone. 21 monitoring points were established at random for doing the passive sampling of nitrogen dioxide and ozone from June and July 2017. Collector tubes were prepared with a solution of 1,2 di 4-piridyl ethylene (DPE) for ozone and a triethanolamine solution (TEA) for nitrogen dioxide. An analysis by spectrophotometry was done. Metil-2-benzotiazolinone hydrazone hydrochloride (MBTH) was used for ozone to a wavelength of 42 nm. For the nitrogen dioxide analysis was used N-1 Naftiletilendiamine (NEDA) and sulphanimide to a wavelength of 540 nm. Bar graphics were done, where the number of points that exceed the concentration levels reported for the Station were determined. Through a correlation analysis in SPSS software, it was determined that for the ozone there is not meaningful relation between reported data for the Station and the data of passive sampling. While for the nitrogen dioxide the relation between the reported data by the Station and the passive sampling data is moderate. Concentration maps were done with interpolation method Kriging in ArcGIS software. It is concluded that the Monitoring Station is efficient in a 37.8% for the tropospheric ozone measurement and 47.6% for the nitrogen dioxide measurement. It was determined that the traffic circle of Huachi Chico and the Atahualpa avenue are the zones with major concentrations of nitrogen dioxide and ozone. According to the results it is recommended relocate the Station to 800 meters in South-East bound.

**KEY WORDS:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <BIOTECHNOLOGY>, <NITROGEN DIOXIDE>, <OZONE>, <PASSIVE SAMPLING>, <MONITORING STATION>, <AIR QUALITY>.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es una problemática de interés mundial debido a los efectos nocivos que provoca para la salud y para la vida vegetal y animal. Los mayores índices de muerte por contaminación ambiental se registran en neonatos. (BARRÍA, y otros, 2016)

Según la OMS, se registraron 14000 muertes en México en el año 2010 y 3.7 millones de muertes prematuras en el mundo en el 2012 a causa de la contaminación ambiental. (RIOJAS, 2016)

En el Ecuador, varias ciudades presentan niveles elevados de contaminantes gaseosos generados por la industria y el parque automotor. En varios municipios del Ecuador se considera una prioridad elaborar planes y estrategias para tratar la contaminación ambiental. Ambato registra concentraciones de contaminantes atmosféricos fundamentalmente debido al crecimiento del parque automotor en la última década.

La Dirección de Control y Gestión Ambiental (DCYGA) del GADMA ha realizado monitoreos y estudios sobre Calidad del aire desde el 2007. Para complementar los estudios, la DCYGA adquirió una Estación de Monitoreo de Calidad del Aire que está localizada en los altos del edificio matriz del GADMA.

La importancia de determinar la eficiencia de la Estación radica en los contaminantes que mide. Los contaminantes primarios que mide son Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el material particulado (MP) y los contaminantes secundarios incluye el Ozono troposférico.

El caso del ozono es particular ya que su presencia en la tropósfera es sinónimo de contaminación y en la estratosfera constituye una barrera protectora con la capa de ozono. Su presencia en la tropósfera se debe en gran medida a la reacción de contaminantes atmosféricos con la radiación solar.

La normativa vigente incluye la determinación octo-horaria de 100 µg/m<sup>3</sup> de las concentraciones de ozono troposférico. El cual indica además la presencia de otros compuestos contaminantes en la atmósfera como los COVs, NOx, hidrocarburos y otros oxidantes.

El Dióxido de Nitrógeno forma parte de un grupo de contaminantes denominados NOx que provienen principalmente de la combustión interna de los vehículos. El ozono troposférico y el

dióxido de nitrógeno son contaminantes cuyas concentraciones se han incrementado en los últimos años. Son contaminantes que provocan enfermedades serias a la población que incluyen daños a la piel y al sistema respiratorio principalmente. La determinación de monitorear éstos dos contaminantes radica en que el  $\text{NO}_2$  es un precursor en la formación de  $\text{O}_3$  troposférico.

Por todo lo mencionado anteriormente se han desarrollado varias técnicas de medición de los contaminantes atmosféricos. Éstas técnicas incluyen el muestreo activo y el muestreo pasivo. El muestreo activo es el más empleado debido a la precisión de las mediciones a corto plazo. En cuanto al muestreo pasivo, las principales ventajas incluyen la baja inversión económica y la fiabilidad de los resultados. (UNC\_MEDELLÍN, 2012)

Se realizará un muestreo pasivo de  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  en un dominio de 500 metros alrededor de la Estación de Calidad del Aire que está ubicada en la ciudadela el Dorado de la ciudad de Ambato, en un período de muestreo de 2 meses. Los puntos de muestreo se determinarán de manera aleatoria dentro de éste dominio.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Es alarmante el crecimiento acelerado del parque automotor en la ciudad de Ambato con un total de 88234 vehículos matriculados en el año 2016 según la Dirección de Transporte y Movilidad. Las emisiones provenientes del parque automotor son los principales precursores en la formación de  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  en la atmósfera.

En el 2015, la Evaluación de la Contaminación Atmosférica asociada a la Opacidad reporta que de los 81 vehículos medidos, 20 sobrepasan el límite máximo permisible mayor al 60% de Opacidad, el Redondel de Huachi Chico es una de las zonas con mayor intensidad de tránsito y tráfico (RAMOS, 2015)

En el mismo año, un estudio basado en datos existentes del GADMA, determina que 120.92 ton/año de emisiones de  $\text{NO}_2$  provienen únicamente de buses urbanos del cantón Ambato. (LOZADA, 2015)

Sin embargo, no existen estudios y registros actualizados de emisiones totales de  $\text{O}_3$  en la ciudad de Ambato. El conocimiento de la ciudadanía en cuanto a los efectos del  $\text{O}_3$  en la salud es escaso. Altos niveles de  $\text{O}_3$  también pueden dañar la vegetación, ya que ingresa a la planta a través de los estomas de sus hojas, donde se realiza el intercambio gaseoso para la fotosíntesis. El  $\text{O}_3$  que ingresa por difusión pasiva disminuye el proceso de fotosíntesis de la planta y en el contenido de clorofila. (BERMEJO, y otros, 2010)

En Ambato actualmente no se conoce la calidad del aire en relación a la concentración de  $\text{NO}_2$ . Muchas personas desconocen los efectos a la salud provocados por el  $\text{NO}_2$  ya que es un gas muy reactivo que daña seriamente el tracto respiratorio. (YARELYS, y otros, 2009) Se desconoce también los daños provocados a los ecosistemas.

## ANTECEDENTES

La contaminación del aire ha sido un tema de importancia para varios países del mundo desde antes del año 2000. Países como España y han realizado estudios y demostrado que los niveles de concentración de NO<sub>2</sub> se han incrementado en zonas de alto tráfico vehicular. (BORGE, y otros, 2015). Países de Latinoamérica como México, Chile y Bolivia han reportado las mejoras realizadas en los planes de medición de la contaminación atmosférica en las ciudades más pobladas.

En el Ecuador, en el 2005 la Corporación Para el Mejoramiento del Aire (CORPAIRE) de la ciudad de Quito monitoreaba ozono troposférico y dióxido de nitrógeno entre los principales contaminantes. La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico (REMMAQ) en ese mismo año publica que las concentraciones de NO<sub>2</sub> exceden el valor permitido por la norma.

Entre junio de 2007 y mayo de 2008 se realizó el Proyecto de la Calidad del Aire de la Ciudad de Ambato, los resultados indicaron que la calidad del aire de la ciudad de Ambato es heterogénea. (GADMA, 2015). En el 2015 se realizó la Evaluación de la Contaminación Atmosférica relacionada con el material particulado sedimentable dando como resultado concentraciones de MPS por debajo del límite permisible, pero que influye directamente en la salud de las personas, los valores más elevados se registran en Huachi Chico, Pishilata, CNT Izamba y la ESFORSE. (VILLACRÉS, 2015)

La Evaluación de la contaminación atmosférica asociada a la Opacidad producida por el Transporte Masivo Urbano en el 2015 determinó que de los 81 vehículos medidos 20 unidades sobrepasan el límite máximo permisible mayor al 60% de Opacidad, determinando que el Redondel de Huachi Chico es una de las zonas con mayor intensidad de tránsito y tráfico. (RAMOS, 2015).

Estudios realizados en la ciudad de Riobamba en el año 2016 demuestran la presencia de NO<sub>2</sub> en zonas de alto flujo vehicular como el terminal.

## JUSTIFICACIÓN

La Calidad del Aire es un factor de importancia para el GAD Municipalidad de Ambato. Motivo por el cual ésta institución cuenta con una Estación de Monitoreo de Calidad del Aire. Es importante determinar la eficiencia de dicha estación considerando dos parámetros que constituyen actualmente agentes de gran impacto ambiental principalmente en zonas urbanas, el  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$ .

Varias ciudades y fundaciones del país han realizado un inventario de emisiones atmosféricas debido al crecimiento acelerado de la población y el impacto ambiental generado. La ciudad de Ambato necesita mantener un registro actualizado de las emisiones de  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  para conocer la calidad ambiental del aire en las zonas urbanas principalmente.

La importancia de este estudio radica en los beneficios que brindará a las personas que diariamente transitan en la ciudadela el Dorado, donde se encuentra el edificio matriz del GADMA. La Zona de Influencia Directa de la Estación incluye varios lugares de concurrencia de personas y de vehículos diariamente debido a que se encuentran instituciones como el municipio de Ambato, la Universidad técnica de Ambato, el Mall de los Andes, la Unidad Educativa La Salle, la iglesia y el Estadio de Huachi Chico.

Con los datos obtenidos se podrá determinar la eficiencia de la estación de monitoreo en cuanto a las concentraciones reportadas y a la ubicación de la misma. Además permitirá conocer las áreas con mayor emisión de  $\text{O}_3$  y  $\text{NO}_2$  para proponer soluciones que consisten en una disminución de las emisiones.

Dentro del Plan de ordenamiento territorial de la ciudad de Ambato se considera un componente muy importante el aire. Por ello, el estudio de concentración de  $\text{NO}_2$  y de  $\text{O}_3$  troposférico representará una guía para estudios posteriores. Los cuales brindarán mayor información actualizada y seguridad a todos los ambateños.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la eficiencia de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del GAD Municipalidad de Ambato mediante los contaminantes dióxido de nitrógeno y ozono.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el muestreo pasivo de dióxido de nitrógeno y ozono troposférico en un dominio de 500 metros a la redonda de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del GAD Municipalidad de Ambato.
- Determinar la concentración de dióxido de nitrógeno y ozono troposférico durante un periodo de muestreo de 2 meses.
- Realizar una validación externa de los datos de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del GAD Municipalidad de Ambato con los datos obtenidos en el muestreo.
- Establecer y proponer soluciones para prevenir las elevadas concentraciones de dióxido de nitrógeno y ozono.

## CAPITULO I

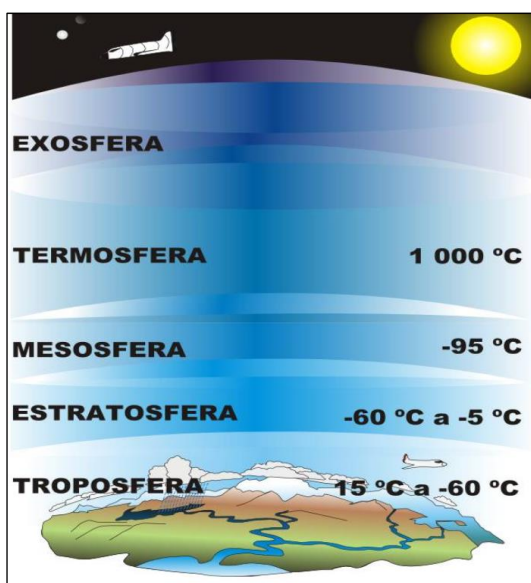
### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. La Atmósfera

La atmósfera es una envoltura gaseosa que cubre el planeta, la cual está compuesta por partículas y gases. También es un medio de protección para la vida existente en la tierra. (JIMENEZ, 2007)

##### 1.1.1. Capas de la Atmósfera

La atmósfera posee cinco capas cada una con características físicas y químicas propias que están en función de la altura y temperatura, en la figura 1-1 se observa la distribución de las capas de la atmósfera.



**Figura 1-1** Capas de la atmósfera  
Fuente: (CIENCIAS)

##### 1.1.1.1. Tropósfera

Es la capa de la atmósfera más próxima a la superficie terrestre, en los polos no alcanza los 8km, pero en las zonas ecuatoriales puede llegar a los 16km y cuya temperatura desciende con la altitud hasta los  $-56^{\circ}\text{C}$ . (JIMENEZ, 2007)

#### 1.1.1.2. *Estratósfera*

Se encuentra sobre la troposfera llega hasta una altura de unos 50km. Su nombre se debe a que está dispuesta en estrato, el más importante es la ozonósfera. (RODRÍGUEZ)

#### 1.1.1.3. *Mesósfera*

Es la capa que llega a los (80 – 85) km de altura y cuya temperatura desciende hasta los  $-100^{\circ}\text{C}$ . Es la zona más fría de la atmósfera. En esta capa se observan las estrellas fugaces. (JIMENEZ, 2007)

#### 1.1.1.4. *Ionósfera*

También llamada Termosfera, es la capa que va desde los 80 a los 500 km de altura, su temperatura aumenta hasta superar los  $1000^{\circ}\text{C}$ . Dentro de esta capa, la radiación ultravioleta, pero sobre todo los rayos gamma y los rayos X provenientes del Sol, provocan la ionización de átomos y moléculas. (RODRÍGUEZ)

#### 1.1.1.5. *Exósfera*

Se encuentra a partir de los 1000 km de altura, es la región que exploran los satélites y no tienen excesiva influencia sobre los fenómenos meteorológicos. (JIMENEZ, 2007)

### **1.2. Contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica es la presencia en el aire de sustancias nocivas en elevadas concentraciones provocando daños a la salud y a los ecosistemas. (UBILLA, y otros, 2016)

Los contaminantes del aire se clasifican en dos grupos:

- Contaminantes primarios
- Contaminantes secundarios

#### **1.2.1. Contaminantes primarios**

Los contaminantes primarios son aquellos que se encuentran en la atmósfera conservando las mismas características desde la fuente donde fueron emitidos, algunos de ellos son: CO, CO<sub>2</sub>, hidrocarburos, plomo, partículas y óxidos de nitrógeno. (MANRIQUE, y otros, 2010)

### **1.2.2. Contaminantes secundarios**

Los contaminantes secundarios son aquellos cuyas características químicas sufren cambios producto de la reacción con otros contaminantes en la atmosfera. Entre ellos destacan los oxidantes fotoquímicos como el Ozono ( $O_3$ ), también el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) que se forma por la oxidación del  $SO_2$ , el dióxido de nitrógeno  $NO_2$  que se forma al oxidarse el contaminante primario NO. (MANRIQUE, y otros, 2010)

### **1.2.3. Principales fuentes de contaminación del aire**

Las principales fuentes de contaminación del aire son: las industrias, los procesos industriales, automóviles y calefacciones residenciales los cuales generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, azufre y procesos productivos de las industrias donde no se realizan combustiones completas. (MANRIQUE, y otros, 2010)

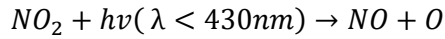
## **1.3. Ozono**

El ozono es un gas azul pálido, de olor desapacible y desagradable. Es un gas relativamente soluble en el agua. (MENDOZA, 2016) Es el oxidante fotoquímico de mayor importancia debido a que controla el potencial oxidativo de la atmósfera. Es decir que sin el  $O_3$  el CO, los hidrocarburos y la mayoría de los compuestos de azufre y nitrógeno reactivos, se acumularían considerablemente en la atmósfera. (SOSA, 2010)

### **1.3.1. Formación**

El ozono se forma a partir de emisiones de gases que se someten a una reacción química como los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (emitidos por varias fuentes donde se realiza actividades de uso de disolvente, pintura, por las carreteras, refinerías y por el medio ambiente) cuando están en presencia de la temperatura. (COMUNIDAD DE MADRID, 2014)

Para la formación de ozono, el dióxido de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles acumulados principalmente en las horas pico, reaccionan con la luz solar, este proceso ocurre durante el día. (QUINTEROS, y otros, 2003)



Ecuación 1-1 Formación de ozono. Etapa 1



Ecuación 2-1 Formación de ozono. Etapa 2

### **1.3.2. Ozono estratosférico**

El ozono estratosférico corresponde al 90% o más del ozono benéfico que contiene la estratósfera. (COMUNIDAD DE MADRID, 2014). El ozono estratosférico absorbe los rayos ultravioletas provenientes del sol, protegiendo a los seres humanos y a la naturaleza. (ENCINAS, 2011)

### **1.3.3. Ozono troposférico**

El ozono troposférico corresponde al 10% del ozono, es un contaminante secundario producido por reacción de los  $NO_x$  y de los  $COVs$  en presencia de la radiación solar. (COMUNIDAD DE MADRID, 2014)

### **1.3.4. Efectos en la salud**

En concentraciones superiores a los  $200\mu g/m^3$  el  $O_3$  puede provocar dolor de cabeza y respiración dificultosa. Irritación del tejido pulmonar interno desde las  $160\mu g/m^3$ . Reducción de la capacidad física desde 240 a  $400\mu g/m^3$ . (SOSA, 2010)

El Ozono es un oxidante potente que irrita los ojos, afecta las vías respiratorias, agrava enfermedades pulmonares, causa exacerbaciones de asma, dolores de cabeza, náuseas y bajas defensas. (UBILLA, y otros, 2016)

### **1.3.5. Efectos al ambiente**

Elevadas concentraciones de  $O_3$  afecta el desarrollo y crecimiento de la vegetación principalmente en el proceso de fotosíntesis. (BERMEJO, y otros, 2010). En el ambiente el ozono provoca el deterioro de algunos materiales como el caucho, pinturas y colorantes textiles. (COMUNIDAD DE MADRID, 2014)

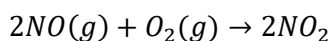
#### **1.4. Dióxido de nitrógeno**

La suma del dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y monóxido de nitrógeno ( $NO$ ) se denomina óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ). El dióxido de nitrógeno es un gas de color pardo rojizo y tóxico, su olor es irritante. Es un oxidante energético que se disuelve con facilidad en agua siendo un precursor en la formación de partículas de nitratos y ácidos en el ambiente. (VEINTIMILLA, 2015)

Las fuentes naturales de emisión son las erupciones volcánicas y las fuentes antropogénicas incluyen principalmente los procesos de combustión a altas temperaturas, los combustibles fósiles, la quema de biomasa, plantas de energías, industrias y automóviles. Este último es el responsable de la mayor parte de emisiones de óxido nítrico ( $NO$ ) y ( $NO_2$ ) a la atmósfera. (COMUNIDAD DE MADRID, 2014)

##### **1.4.1. Formación**

El dióxido de nitrógeno se forma por la oxidación del óxido nítrico. Las altas concentraciones de óxido nítrico producidas durante una combustión se mantienen en los gases de escape una vez enfriados, Al mezclarse óxido nítrico con el aire, rápidamente se combina con el oxígeno para formar  $NO_2$ . (SOSA, 2010)



Ecuación 3-1 Formación de  $NO_2$

##### **1.4.2. Efectos en la salud**

El  $NO_2$  afecta al sistema respiratorio irritando las vías respiratorias, daños en el tejido pulmonar y disminuye la capacidad pulmonar. También puede provocar enrojecimiento y quemaduras cutáneas. (VEINTIMILLA, 2015)

##### **1.4.3. Efectos al ambiente**

La mayor cantidad del  $NO_2$  que está en la atmosfera se convierte en ácido nítrico o ácido nitroso y sales de nitrato al reaccionar con el agua. Formando la lluvia ácida que al depositarse cambia la composición química del suelo y de las aguas superficiales, contaminando las aguas dulces, los bosques, suelos y ecosistemas naturales sensibles a la acidificación. (SOSA, 2010)

## 1.5. Legislación

Para los contaminantes criterio del aire se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas en la Legislación Ecuatoriana:

- Ozono. - La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de (8) ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), más de una vez en un año.
- Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ). - El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de nitrógeno, determinado en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cuarenta microgramos por metro cúbico ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Guía	
O <sub>3</sub> :	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 8 horas

**Figura 2-1** Concentración de  $O_3$  de la calidad del aire según la OMS  
Fuente: (OMS, 2012)

Guía	
NO <sub>2</sub> :	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de una hora

**Figura 3-1** Concentraciones de  $\text{NO}_2$  de la calidad del aire según la OMS  
Fuente: (OMS, 2012)

**Tabla 1-1:** Concentraciones de contaminantes criterio para niveles de alerta.

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
<b>Ozono</b> Concentración promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	200	400	600
<b>Dióxido de Nitrógeno</b> Concentración promedio en una hora ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1000	2000	3000

Fuente: (MAE ECUADOR, 2015)

## 1.6. Muestreo pasivo

El muestreo pasivo de contaminantes atmosféricos es útil cuando se requiere obtener valores promedios de concentración. Presenta varias ventajas con relación al muestreo activo y por analizadores automáticos, entre ellas menor gasto económico, es un método simple, no requiere

personal altamente calificado. Sus desventajas incluyen la restricción para ciertos contaminantes, el transporte de las muestras y la cantidad de mano de obra.

El muestreo pasivo se basa en la absorción de un contaminante como el  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  mediante los principios de la física y química, como la gravimetría o la difusión molecular del gas en un tubo muestreador con un adsorbente específico, que después es analizado por espectrofotometría. (OLIVA, y otros, 2001)

La determinación de los contaminantes en la región UV del espectro electromagnético se fundamenta en la ley de Bouguer – Lambert – Beer, midiendo la absorbancia de la solución a una longitud de onda previamente seleccionada y fijando el camino óptico. (SOSA, 2010)



**Figura 4-1** Tubos pasivos para  $\text{NO}_2$  (color blanco) y  
Tubos pasivos para  $\text{O}_3$  (color azul)

**Fuente:** (OLIVA, y otros, 2001)

#### **1.6.1. Captador pasivo para ozono**

Las tecnologías de captadores pasivos para captación de ozono troposférico se han ido desarrollando en la última década. Entre los métodos avalados para normas internacionales están los siguientes: (SOSA, 2010)

**Método de Palmes:** Emplea un tubo de polipropileno de 9.5 mm de diámetro interno y 5.5 cm de largo de color azul para protegerlo de la luz. El medio absorbente es el 1,2di-4piridil-etileno. Se forma un ozónido que produce a su vez un aldehído medido por espectrofotometría a 442nm. (OLIVA, y otros, 2001)



**Método Impinger:** Se basa en la reacción del ozono con yoduro potásico. De esta reacción se libera yodo que es medido por espectrofotometría a 352nm. (OLIVA, y otros, 2001)

**Método Radiello:** Consiste de un tubo con geometría radial, un cartucho captador, un cuerpo difusor y un soporte triangular. Impregnado con DPE en un en gel de sílice. La determinación espectrofotométrica es a 430nm. (SOSA, 2010)

**Método Indigo:** Método Fotométrico basado en la reacción entre el Ozono y el Indigo, el Ozono convierte una parte de Indigo en dos partes de Isatina, mediante ozonólisis. Se mide a 203 nm. (QUINTEROS, y otros, 2003)

### **1.6.2.        *Captador pasivo para dióxido de nitrógeno***

Todas las técnicas desarrolladas para medir NO<sub>2</sub> se basan en la adsorción del NO<sub>2</sub> por la trietanolamina (TEA) donde se convierte a nitrito. (SOSA, 2010)

A continuación, se detallan los métodos más conocidos:

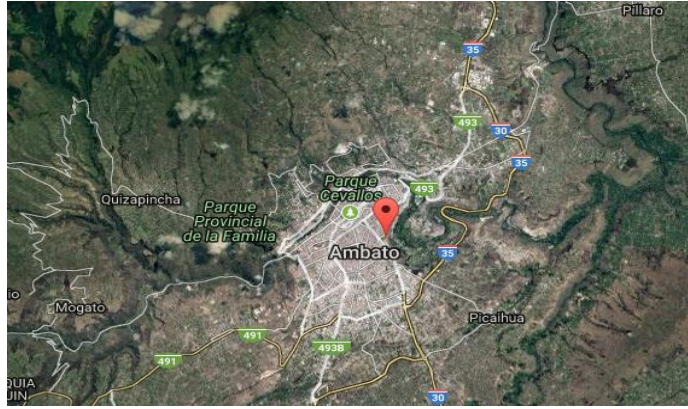
**Método de Palmes:** Emplea un tubo de polipropileno de 9.5 mm de diámetro interno y 7.4 cm de largo de color blanco o transparente. El medio absorbente es la Trietanolamina. Se forma un diez-compuesto medido en el espectrofotómetro a 540nm. (OLIVA, y otros, 2001)

**Método Radiello:** Consta de un cuerpo difusivo cilíndrico y un cartucho de polietileno microporoso adsorbente impregnado con trietanolamina, y es analizado mediante cromatografía iónica. (SOSA, 2010)

### **1.7.        Aspectos generales de la zona a muestrear**

Ambato se encuentra ubicada en la Provincia de Tungurahua, a una altura de 2.580 metros sobre el nivel mar, su latitud es S1°14'30" y su longitud es W78° 37'11". Tiene un estimado de 329.856 habitantes. (ECOTRAVEL)

Según el informe de la Dirección de Tránsito Transporte y Movilidad de la Municipalidad de Ambato en el 2015 se registraron 72.437 vehículos matriculados mientras que en el 2016 la cifra aumentó a 88.243 vehículos matriculados. Ambato es una ciudad turística y comercial por lo cual el parque automotor se ha incrementado en un 21.82% en el 2016. (DTTM, 2017)



**Figura 5-1** Ambato  
Fuente: (MAPASAMERICA)

### 1.8. Estación de monitoreo de Calidad del Aire

El GAD Municipalidad de Ambato cuenta desde el año 2015 con la estación de monitoreo de Calidad del Aire (EMCA) ubicada en los altos del edificio Matriz del GADMA. Las coordenadas son 763947.09 mE y 9859636.13 mS. El método de medición de los contaminantes es continuo. La EMCA permanece funcionando 24 horas los siete días de la semana.

Los equipos de la EMCA se basan en los métodos de referencia de medición establecidos por la Legislación Ecuatoriana. Estos métodos son la Quimiluminiscencia para  $\text{NO}_2$ , Quimiluminiscencia Fotómetro ultravioleta para Ozono, Analizador infrarrojo no dispersivo para el CO. (MAE ECUADOR, 2015)



**Figura 6-1** Estación de Monitoreo  
Fuente: GAD

Las condiciones dentro de la estación incluyen una temperatura constante de  $22^{\circ}\text{C}$  para el correcto funcionamiento de los equipos. Dentro de la EMCA hay bombas que absorben el aire, el aire pasa por un filtro que elimina la humedad. Trabaja con el software AIR VISSION y con

una base de datos continua que es procesada por el personal de la Dirección de Control y Gestión Ambiental del GADMA. Las emisiones de concentración se reportan con promedios de 1 hora, 24 horas, 30 días.

La EMCA es eléctrica, lo cual es una desventaja. Los parámetros que mide la estación están en unidades de partes por millón (ppm) son:

- $NO_x, NO_2, NO$
- $O_3$
- $CO_2, CO$



**Figura 7-1** Datalogger de la estación de monitoreo  
Fuente: GAD

En cuanto al material particulado, PM10 y PM2.5 El método de referencia es el Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal. La EMCA solo puede medir uno a la vez, por lo que actualmente solo reporta datos de PM2.5 que es más peligroso para la salud en relación al PM10.

### 1.9. Análisis Estadístico de correlación

El análisis Estadístico es fundamental en la interpretación del comportamiento de dos o más variables en un campo de estudio. Una de las formas más simples para predeterminar si existe o no correlación entre dos variables de estudio es el diagrama de dispersión. (BATANERO, y otros, 2017)

### 1.9.1. *Coefficiente de Correlación de Pearson*

Existen varios tipos de coeficientes de correlación, el más popular y utilizado es el coeficiente de correlación de Pearson. Las correlaciones pueden ser positivas si el coeficiente de relación de Pearson es 1 y pueden ser negativas si el coeficiente de relación de Pearson es -1. El coeficiente de correlación de Pearson se simboliza con la letra r, se lo calcula dividiendo la suma de los productos de las desviaciones de cada variable, con respecto a sus medias por el producto de las desviaciones estándar de ambas variables. (CONTRERAS, 2003)

$$r = \frac{N \sum_{i=1}^N (XY) - \left( \sum_{i=1}^N X \right) \left( \sum_{i=1}^N Y \right)}{\sqrt{\left[ N \sum_{i=1}^N X^2 - \left( \sum_{i=1}^N X \right)^2 \right] \left[ N \sum_{i=1}^N Y^2 - \left( \sum_{i=1}^N Y \right)^2 \right]}}$$

Ecuación 4-1 Cálculo del coeficiente de Pearson

Para interpretar el tipo de relación que hay entre las variables se toma como referencia la Figura 8.1.

correlación <b>despreciable</b> : $r <  0.1 $
correlación <b>baja</b> : $ 0.1  < r \leq  0.3 $
correlación <b>mediana</b> : $ 0.3  < r \leq  0.5 $
correlación <b>fuerte o alta</b> : $r >  0.5 $

**Figura 8-1** Interpretación del coeficiente de correlación.

Fuente: (VINUEZA, 2016)

### 1.10. *Análisis Espacial por Interpolación*

Se emplea la interpolación de datos conocidos para determinar los valores de datos no conocidos y de esta manera cubrir toda el área de estudio. Entre los métodos más empleados de interpolación de datos están el IDW (Distancia Inversa Ponderad. a), Kriging, Spline y el TIN.

#### 1.10.1. *Kriging*

El método Kriging es una herramienta geostatística avanzada que implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los datos conocidos

determinando una función matemática para dichos puntos en un radio específico. Este método se basa en modelos estadísticos que comprenden la autocorrelación, produciendo una superficie de predicción y una medida de certeza de las predicciones. (ESRI, ARCGIS PRO, 2017)

### **1.10.2.     *ArcGis***

ArcGis es una plataforma que almacena, organiza, administra, analiza y distribuye información geográfica, creando y utilizando sistemas de información geográfica (SIG). En el área ambiental constituye una herramienta fundamental en el análisis ambiental. (ESRI, ARCGIS PRO, 2017)

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Localización del proyecto

El proyecto tiene un dominio de 500 metros circundantes a la ciudadela El Dorado donde se encuentra ubicada la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire del GAD Municipalidad de Ambato. Dentro de la zona de estudio hay varios lugares de concurrencia peatonal, vehicular y comercial entre ellos el Edificio matriz del GAD Municipalidad de Ambato, el Mall de los Andes, la Universidad Técnica de Ambato, la Unidad Educativa La Salle.



**Figura 1-2** Ubicación de la estación de monitoreo de la calidad del aire del GADMA  
Fuente: FREIRE, Sandra, 2017

#### 2.2. Proceso productivo

##### 2.2.1. Selección de los puntos de Muestreo

Mediante el muestreo aleatorio se ubican 21 puntos de muestreo distribuidos en las principales Avenidas de la Ciudad. Para proteger al tubo muestreador de la lluvia se lo ubicó en zonas con cubiertas. La ubicación de cada punto es de la siguiente manera:

**Tabla 1-2:** Puntos de muestreo

Ubicación	Punto	Coord. X	Coord.Y
Redondel de Huachi Chico	1	763763,62	9858905,84
Ferretería Roscas y Roscas - Redondel de Huachi Chico	2	763732,02	9858996,69
Ferretería DISENSA - Redondel de Huachi Chico	3	763766,56	9859158,2
Avenida Atahualpa y Miguel de Cervantes y Saavedra	4	763781,65	9859290,74
Vidriería Ambato – Avenida Atahualpa	5	763804,55	9859492,3
Miguel de Cervantes y Capítulos que se le olvidaron a Cervantes	6	763728,99	9859332,98
Avenida Atahualpa frente al GAD	7	763886,32	9859735,95
Avenida Atahualpa y Víctor Hugo	8	763961,35	9860168,27
Geometría Moral y Regenerador	9	763785,24	9859678,16
Geometría Moral y Mercurial	10	763931,47	9859818,87
Av. Los Chasquis entre Río Yanayacu y Miguel de Cervantes	11	764095,57	9859240,98
Licorería – Av. Los Chasquis y Río Payamino	12	764116,89	9859406,91
Río Payamino entre Río Talantag y Río Guapante	13	764321,6	9859425,15
Los Chasquis y Río Quijos	14	764145,88	9859542,15
Lavadora - Víctor Hugo y Los Chasquis	15	764284,74	9860126,15
Florería - Víctor Hugo y Marcos Montalvo	16	763835,19	9860081,62
Lavadora - Víctor Hugo y Arístides Sartorio	17	763700,29	9859983,14
Marcos Montalvo y José Rodríguez	18	763883,74	9859969,18
Marcos Montalvo y Manuel Isaías Sánchez	19	763792,56	9859767,73
Río Palora y Río Cutuchi	20	764056,71	9859776,26
Río Papallacta y Río Palora	21	764011,02	9859589,03

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

El muestreo se realiza cada siete días por un período de 8 semanas, en la última semana de muestreo se monitorea cada 24 horas. Las fechas de muestreo se detallan a continuación:

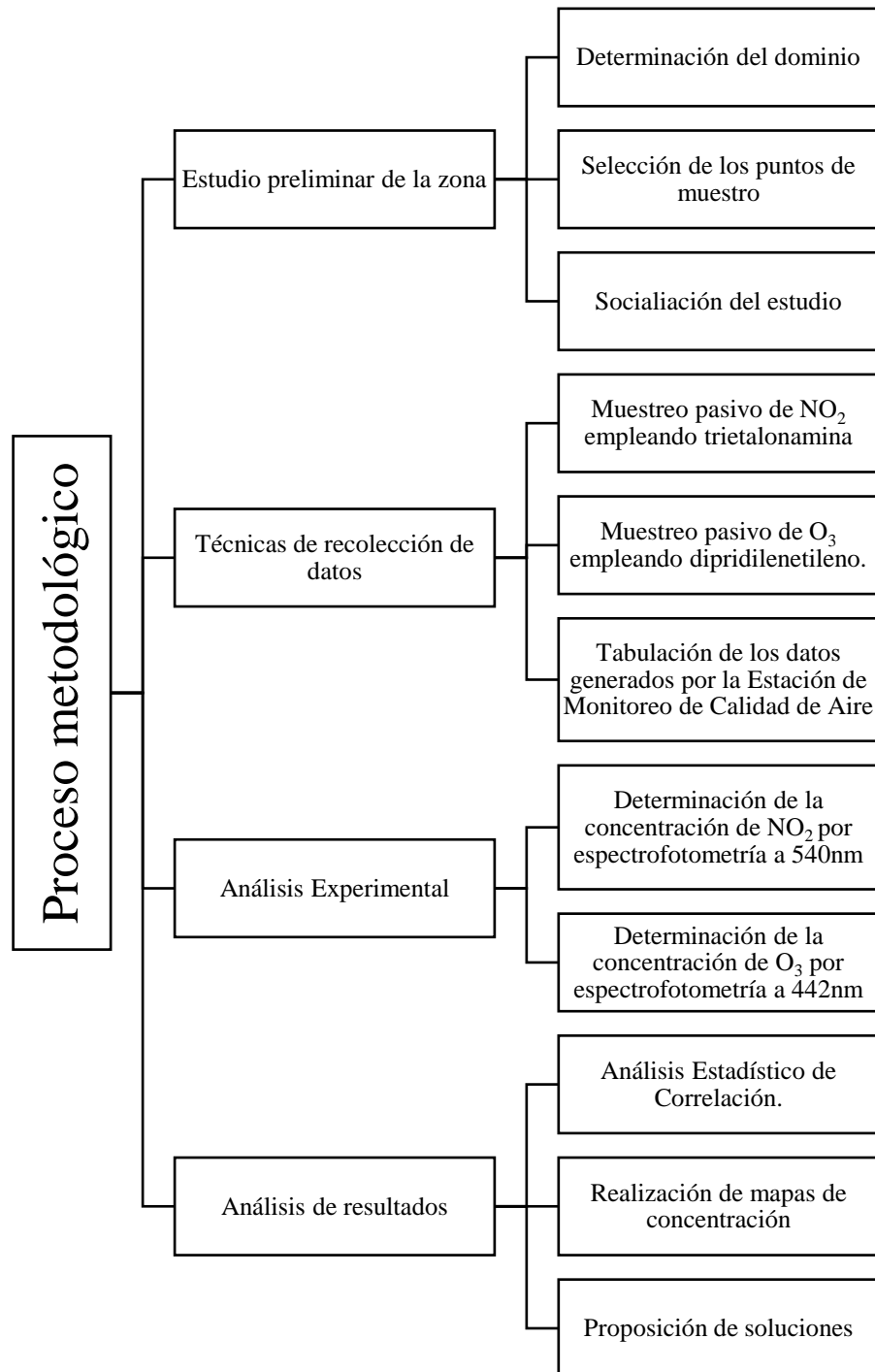
**Tabla 2-2:** Fecha de muestreo

Semana	Fechas
1	7 – 13 Junio
2	14 – 21 Junio
3	21 – 28 Junio
4	28 Junio – 5 Julio
5	5 - 12 Julio
6	12 - 19 Julio
7	20 - 26 Julio
8	27 – 31 Julio

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

### 2.2.2. *Proceso metodológico*

El presente estudio se realiza en conjunto con la Dirección de Control y Gestión Ambiental del GADMA, para lo cual se realiza el siguiente procedimiento:



**Figura 2-2** Procedimiento metodológico  
Fuente: FREIRE, Sandra, 2017



## **2.3. Preparación del líquido absorbedor para Dióxido de Nitrógeno**

### **2.3.1. *Materiales***

- Probeta de 10ml
- Vaso de precipitación de 1000 ml
- Pipeta de 10ml
- Pera de succión
- Frascos Ámbar de 1000ml
- Tubos de ensayo de polipropileno (diámetro interno 12 mm, largo 10 cm)
- Gradilla
- Balón aforado de 100 ml
- Espátula
- Papel Adhesivo
- Rotulador

### **2.3.2. *Reactivos***

- Trietanolamina
- Agua destilada
- Sulfanilamida
- N-1naftiletildiamina di clorhidrato (NEDA)
- Ácido fosfórico al 85%

### **2.3.3. *Equipos***

- Balanza digital
- Espectrofotómetro
- Sorbona
- Refrigerador
- Cooler (BORGE, y otros, 2015)

### **2.3.4. *Preparación -Experimental***

Disolver aproximadamente 15ml de Trietanolamina en 1 Litro de agua destilada

Mantener en refrigeración y en un frasco ámbar

Colocar 6 ml del líquido absorbedor en cada tubo muestreador

Rotular, tapar y refrigerar

### **2.3.5. Procedimiento-Campo**

Con la ayuda de una escalera colocar soportes metálicos para los tubos muestreadores en los puntos de muestreo a 2.5 metros de altura

Trasladar los tubos muestreadores en un cooler a la zona de estudio.

Colocar el tubo muestreador en la estructura sin la tapa

Registrar hora y fecha del muestreo

Después de 7 días tapar el tubo muestreador, retirarlo y guardarlo en el cooler.

Repetir este procedimiento cada 7 días

### **2.3.6. Análisis de las muestras - Laboratorio**

Después de concluidos los 7 días de muestreo se procede a determinar la concentración de Dióxido de Nitrógeno, para lo cual se emplea un análisis colorimétrico de las muestras por espectrofotometría.

Se preparan dos soluciones, solución 1 y solución 2 que se describen a continuación:

#### **2.3.6.1. Solución 1**

Disolver 2 gramos de sulfanilamida en 5 ml de ácido fosfórico 85%. Diluir a 100 ml con agua destilada. (OLIVA, y otros, 2001)

#### **2.3.6.2. Solución 2**

Disolver 0.07 gramos de N-1 naftiletilendiamina (NEDA) en 50 ml de agua destilada. (OLIVA, y otros, 2001)

Las soluciones 1 y 2 se almacenan por separado en un frasco ámbar

Las soluciones 1 y 2 se combinan (1:1), obteniendo una solución mezcla.

Añadir 3 ml de la solución mezcla a cada tubo muestreador.

Tape el tubo de ensayo y agitar.

Esperar a que se desarrolle el color que va desde rosa a fucsia.

Leer la absorbancia de las muestras a 540 nm.

Realizar los cálculos matemáticos para obtener los valores de concentración de Dióxido de Nitrógeno empleando los valores de nanomoles de  $NO_2$  obtenidos de la curva de calibración.

### **2.3.7. Elaboración de la curva de calibración**

La Curva de calibración es la base para la determinación de la concentración de  $NO_2$  en los puntos de muestreo. Su elaboración consta de la solución patrón y la solución stock.

#### **2.3.7.1. Preparación de la solución patrón**

Pesar 2 g de sal de  $NaNO_2$

Secar en una estufa durante 24 horas a 120 °C.

Pesar 37.5 mg de  $NaNO_2$  seca

Disolver en un matraz aforado con 25 ml de agua destilada

Conservar cerrado, refrigerado y protegido de la luz hasta la preparación de la solución. (BARROS, y otros, 2006)

#### **2.3.7.2. Preparación de la solución stock**

Diluir 10 ml de la solución patrón en 250 ml de agua destilada, lo que resulta en una concentración de  $40 \mu\text{g } NO_2/\text{ml} = 40 \text{ ng } NO_2/\mu\text{l}$

Guardar la solución en refrigeración y protegerla de la luz.

Introducir, separadamente, en tubos de ensayo 10, 20, 40 y 80  $\mu\text{l}$  de la solución stock, medidos con la micro-pipeta.

Añadir en cada tubo de ensayo 4 ml de reactivo de color.

Agitar cada tubo de ensayo para homogeneizar la solución.

Analizar en el espectrofotómetro su absorbancia a 540nm. (BARROS, y otros, 2006)

### **2.3.8. Cálculo de la concentración del dióxido de nitrógeno**

Primero se calcula la masa de nitritos en el tubo muestreador con la siguiente ecuación:

$$m(\mu\text{g}) = c'_t(\mu\text{g/mL}) * V(\text{mL}) \quad \text{Ecuación 1-2 Masa de nitritos}$$

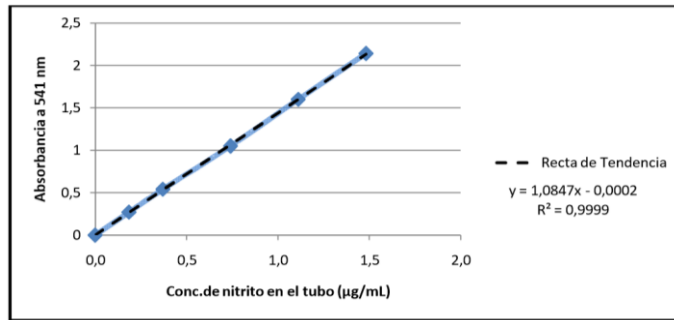
Donde:

$m$  = masa de nitritos en el tubo muestreador

$c'_t$  = concentración de nitritos en el tubo muestreador (se obtiene de la gráfica de la curva de calibración)

$V$  = volumen de la solución 1 y 2 utilizadas para analizar los tubos muestreadores. (BORGE, y otros, 2015)

A continuación, se grafica la curva de calibración con las nanomoles de nitrito Vs la absorbancia



**Figura 3-2** Curva de calibración para  $NO_2$   
Fuente: (BORGE, y otros, 2015)

La ecuación descrita a continuación permite calcular la concentración ambiente de  $NO_2$

$$C = \frac{m \cdot l}{D_{12} \cdot A \cdot t} \quad \text{Ecuación 2 - 2 Concentración ambiente de } NO_2$$

Donde:

$c$  = es la concentración ambiente medida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

$m$  = cantidad del gas absorbido durante la exposición ( $\mu\text{g}$ ).

$A$  = área transversal del tubo cilíndrico ( $\text{m}^2$ ).

$t$  = tiempo de exposición (seg)

$l$  = longitud del tubo (m).

$D_{12}$  = Coeficiente de difusión entre el  $NO_2$  y el aire ( $\text{m}^2/\text{seg}$ )

$$D_{12} (\text{m}^2/\text{seg}) = 1.36 \cdot 10^{-5} \cdot \left( \frac{T(\text{k})}{273} \right)^{1.81} \quad \text{Ecuación 3 - 2 Coeficiente de difusión}$$

## 2.4. Preparación del líquido absorbedor para ozono troposférico

### 2.4.1. Materiales

- Papel filtro de celulosa
- Vaso de precipitación de 50 ml
- Pipetas de 10ml
- Pera de succión
- Frascos Ámbar de 120 ml

- Tubos de ensayo Azules de polipropileno (diámetro interno 9 mm, largo 4.9 cm)
- Gradilla
- Balón aforado de 100 ml
- Espátula
- Papel Adhesivo
- Rotulador
- Tijeras

#### **2.4.2.      *Reactivos***

- 1,2 di (4 piridil) etileno (DPE)
- 3-metil-2-benzotiazolinona hidrazona hidrocloreuro (MBTH)
- Ácido Acético glacial grado analítico
- Etilenglicol
- Agua destilada

#### **2.4.3.      *Equipos***

- Balanza digital
- Espectrofotómetro
- Sorbona
- Refrigerador
- Cooler (BARROS, y otros, 2006)

#### **2.4.4.      *Preparación-Experimental***

Disolver 0.5 g de 1,2 di (4 piridil) etileno en 6.5 ml de ácido acético, 1.5 ml de etilenglicol y 1 ml de agua destilada.

Mantener en refrigeración y en un frasco ámbar.

Cortar el papel filtro de celulosa en cuadrados de 1 cm.

Sumergir los filtros cortados en el líquido absorbedor

Secar los filtros aproximadamente 15 minutos a temperatura ambiente

Colocar el filtro dentro del tubo muestreador.

Rotular, tapar y refrigerar. (BARROS, y otros, 2006)

#### **2.4.5. Procedimiento-Campo**

Con la ayuda de una escalera colocar soportes metálicos para los tubos muestreadores a 2.5 metros de altura.

Trasladar los tubos muestreadores en un cooler a la zona de estudio.

Colocar el tubo muestreador en la estructura sin la tapa

Registrar hora y fecha del muestreo

Después de 7 días tapar el tubo muestreador, retirarlo y guardarlo en el cooler.

Repetir este procedimiento cada 7 días.

#### **2.4.6. Análisis de las muestras-Laboratorio**

Después de concluidos los 7 días de muestreo se procede a determinar la concentración de ozono troposférico, para lo cual se emplea un análisis colorimétrico de las muestras por espectrofotometría. Se prepara el reactivo de color que se describen a continuación:

Pesar 0.2 g de MBTH

Diluir en 100 ml de ácido acético glacial al 75% (75 ml de ácido acético glacial y 25 ml de agua destilada)

Colocar en frasco de vidrio ámbar

Etiquetar debidamente el frasco.

Se destapan los tubos muestreadores y con una pinza se transfiere el papel filtro a un tubo de ensayo.

Añadir 3 ml del reactivo de color a cada tubo de ensayo

Agitar y dejar reposar por media hora a la temperatura de ambiente para que el color amarillo se desarrolle

Agitar nuevamente y esperar a que se desarrolle el color amarillo.

Leer la absorbancia de las muestras a 442 nm.

Realizar los cálculos matemáticos para obtener los valores de concentración de Ozono Troposférico. (OLIVA, y otros, 2001)

#### **2.4.7. Cálculo de la concentración de ozono**

Para obtener la concentración de ozono en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se emplea la siguiente ecuación:

$$O_3 \left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right] = \frac{(m_{\text{Absmuestra}} - m_{\text{Absblanco}})}{0,0255 \cdot t_{\text{muestreo}}} \quad \text{Ecuación 4-2 Concentración de ozono}$$

Donde:

$mAbs$  = miliabsorción (1000\*Abs)

$t$  = tiempo de exposición en horas

## **2.5. Procesamiento de datos**

### **2.5.1. *Análisis estadístico***

Se utiliza el software SPSS para realizar el análisis estadístico de correlación. Se elabora una base de datos con 4 variables conformadas por los valores semanales de concentración de ozono y dióxido de nitrógeno obtenidos mediante muestreo pasivo y las concentraciones de estos contaminantes generadas por la Estación.

Mediante la herramienta Analizar, Correlaciones bivariadas, coeficiente de Pearson se obtiene el valor del coeficiente de correlación. Para la interpretar los resultados nos guiamos en los valores referenciales de la Figura 8.1 Diagrama resumen del análisis del coeficiente de correlación entre dos variables.

### **2.5.2. *Elaboración de Mapas***

Se elaboran los mapas para comprender de mejor manera la distribución espacial del ozono y dióxido de nitrógeno en la zona de estudio.

Se elabora una base de datos con los valores semanales de concentración de ozono y dióxido de nitrógeno obtenidos mediante muestreo pasivo y otra base de datos con las concentraciones de estos contaminantes generadas por la Estación, en Excel. Se importan las bases de datos a ArcGis y mediante la Herramienta análisis geo estadístico, opción kriging, se realiza la interpolación de tipo ordinario con transformación logarítmica de segundo orden. Posteriormente se modifica el rango de concentración de los contaminantes que es igual para todos los mapas. (CAÑADA, 2010)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para analizar los resultados obtenidos es necesario comparar los datos de concentración del muestreo pasivo con los datos de concentración reportados por la Estación de Monitoreo del GADMA. Los datos de la Estación de monitoreo corresponden a la concentración acumulada de 7 días de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno; los cuales son comparados con la concentración promedio semanal del muestreo pasivo en 21 puntos de monitoreo.

A continuación se analizan los resultados por cada semana de muestreo.

#### 3.1. Semana 1. Del 07 al 13 de Junio del 2017

**Tabla 1-3:** Concentraciones promedio semana 1

Concentración promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	147.6	128.4
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	113.5	36.3
Temperatura	19.63°C	292.63 °K

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 1-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 1

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

En la primera semana de muestreo a una temperatura promedio de 19.63 °C, 7 de los 21 puntos sobrepasan el valor de concentración de O<sub>3</sub> troposférico citado por la Estación (147.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Las elevadas concentraciones de O<sub>3</sub> en estos puntos se deben a que se ubican en la Avenida Atahualpa, una de las vías con mayor flujo vehicular de la ciudad según el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015. En cuanto al NO<sub>2</sub> todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación (113.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



**3.2. Semana 2. Del 14 al 20 de Junio del 2017**

**Tabla 2-3:** Concentraciones promedio semana 2

Concentración promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	149.6	63.4
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	92.9	49.2
Temperatura	17.71°C	290.71 °K

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 2-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 2

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

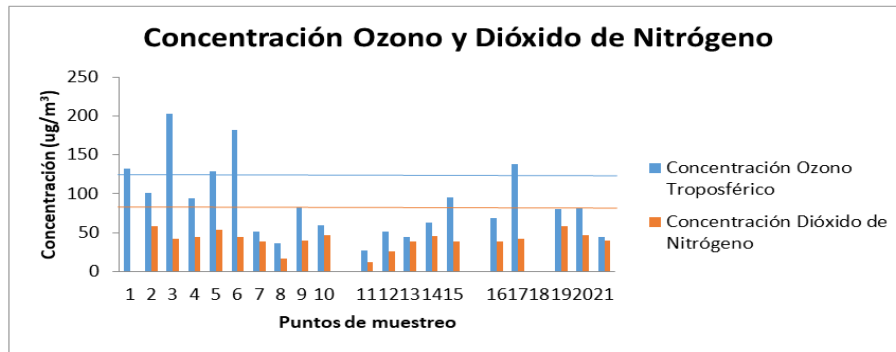
En la semana 2 la temperatura promedio semanal es de 17.71°C y sólo 2 de los 21 puntos de muestreo sobrepasan el valor de concentración de  $\text{O}_3$  troposférico citado por la Estación de (149.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En cuanto al  $\text{NO}_2$  todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación de (92.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), excepto el punto 1. El punto 1 tiene valores altos tanto de  $\text{O}_3$  como de  $\text{NO}_2$  porque se encuentra en el Redondel de Huachi Chico con un alto tráfico vehicular como lo reporta el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015. (RAMOS, 2015)

**3.3. Semana 3. Del 21 al 27 de Junio del 2017**

**Tabla 3-3:** Concentraciones promedio semana 3

Concentración promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	133.5	73.4
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	82.3	41.8
Temperatura	18.9°C	291.9 °K

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 3-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 3  
 Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

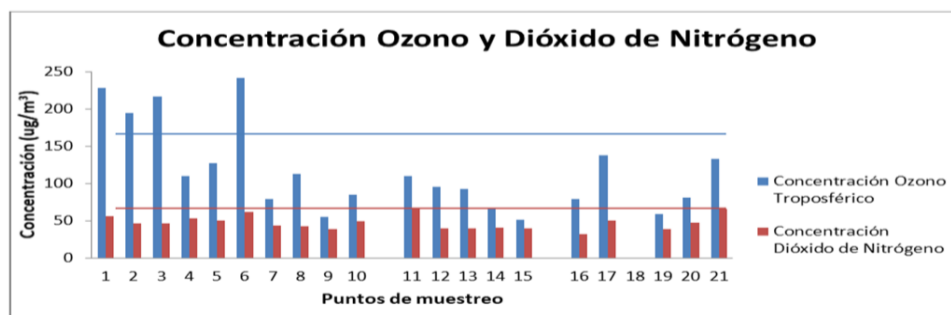
En la semana 3 la temperatura promedio semanal es de 18.9 °C. Se determina que 4 de los 21 puntos de muestreo sobrepasan el valor de concentración de O<sub>3</sub> reportado por la Estación de 133.5 µg/m<sup>3</sup>. Los puntos 1, 3, 6 y 17 porque los tres primeros se ubican en el redondel de Huachi Chico y el punto 17 se ubica en la Avenida Victor Hugo, una de las zonas de Mayor tráfico vehicular según el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015. (RAMOS, 2015) En cuanto al dióxido de nitrógeno todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación de 82.3 µg/m<sup>3</sup>. El punto 1 no tiene valor esta semana por daños en la muestra, al igual que el punto 18.

### 3.4. Semana 4. Del 28 de Junio al 04 de Julio del 2017

**Tabla 4-3:** Concentraciones promedio semana 4

Concentración promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO (µg/m <sup>3</sup> )	165.7	83.3
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (µg/m <sup>3</sup> )	60.2	44.3
Temperatura	17°C	290 °K

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 4-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 4  
 Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

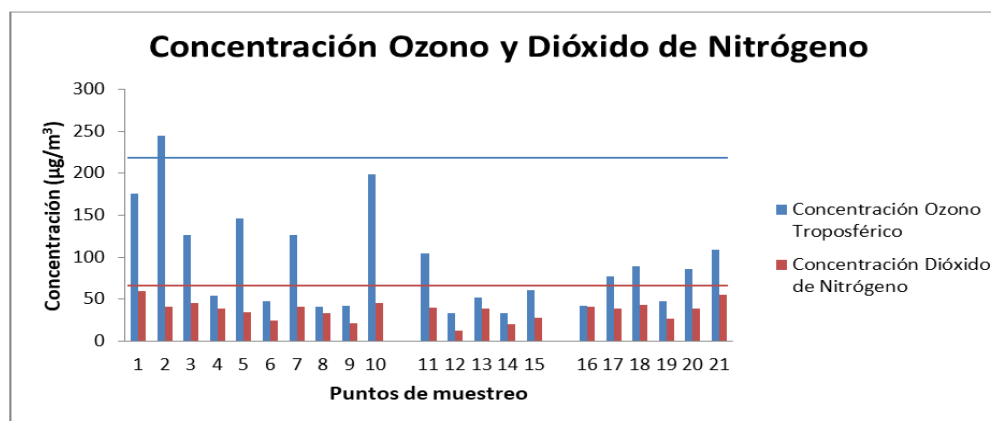
En la semana 4 la temperatura promedio semanal es de 17 °C. En el caso del Ozono, 4 de los 21 puntos de muestreo sobrepasan el valor reportado por la Estación de 165.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los puntos 1, 2, 3 y 6 tienen valores elevados de concentración porque se ubican cerca del redondel de Huachi Chico, donde hay emisiones de gran cantidad de vehículos como lo indica el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015 (RAMOS, 2015). En cuanto al Dióxido de Nitrógeno todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación de 60.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El punto 18 no tiene valor de concentración esta semana por robo de la muestra

### 3.5. Semana 5. Del 05 al 11 de Julio del 2017

**Tabla 5-3:** Concentraciones promedio semana 5

Concentración promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	224.6	92.2
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	60.2	36.5
Temperatura	15.9°C	288.9 °K

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 5-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 5

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

En la semana 5 la temperatura promedio semanal es de 15.9 °C; sólo 1 de los 21 puntos de muestreo sobrepasan el valor de concentración de ozono reportado por la Estación (224.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); porque el punto 2 se encuentra en el redondel de Huachi Chico donde hay un elevado tráfico vehicular según el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015. (RAMOS, 2015)

En cuanto al dióxido de nitrógeno todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación. Se determina que en el punto 16 los valores de ozono y dióxido de nitrógeno son iguales lo cual se debe a que la muestra de ozono se mezcló con agua lluvia.

**3.6. Semana 6. Del 12 al 18 de Julio del 2017**

**Tabla 6-3:** Concentraciones promedio semana 6

Concentración promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	203.5	77.2
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	95.6	31
Temperatura	19.6°C	292.6°K

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 6-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 6

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

En la semana 6 la temperatura promedio semanal es de 19.6 °C. Se observa en el gráfico 6 que el punto 1 sobrepasa el valor de concentración de ozono reportado por la Estación de 203.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , porque se encuentra en el redondel de Huachi Chico donde la concurrencia de vehículos es alta como lo indica el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015. (RAMOS, 2015).

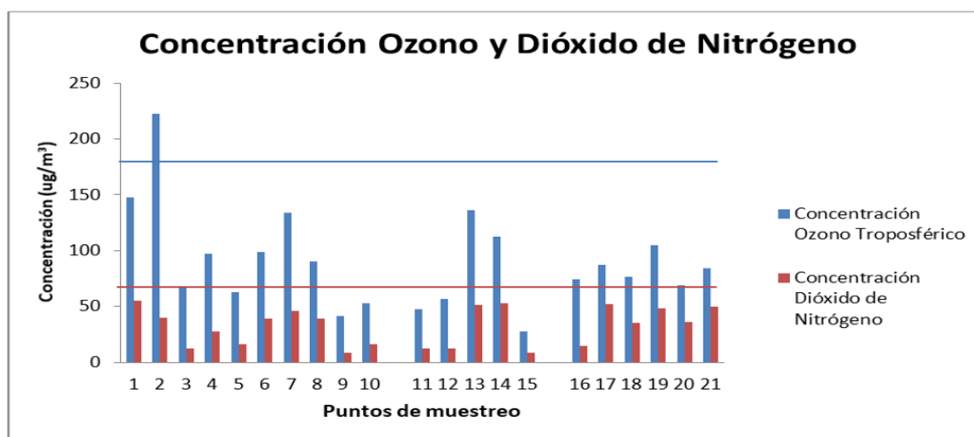
En cuanto al Dióxido de Nitrógeno todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación (95.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**3.7. Semana 7. Del 19 al 25 de Julio del 2017**

**Tabla 7-3:** Concentraciones promedio semana 7

Concentración promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	183.2	90
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	63.62	32
Temperatura	17.7°C	290.7 °K

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 7-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo semana 7  
**Realizado por:** FREIRE, Sandra, 2017

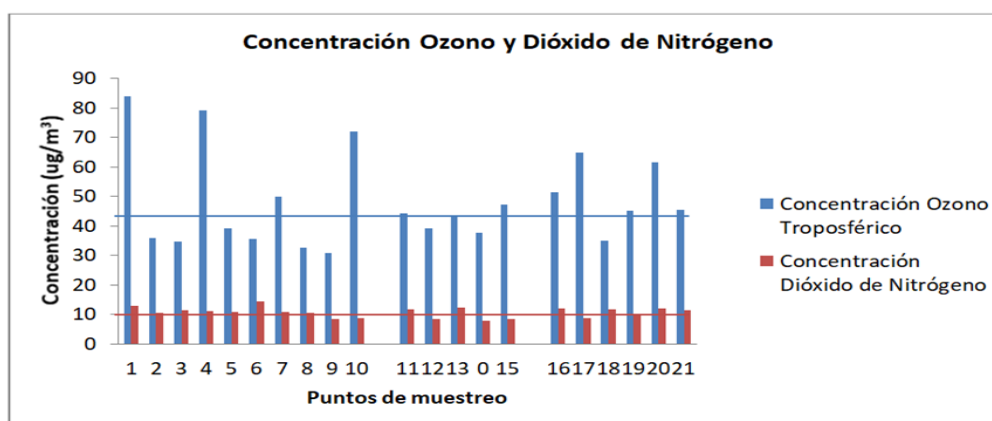
En semana 7 la temperatura promedio semanal es de 17.7 °C. Sólo el punto 2 sobrepasa el valor de concentración de ozono reportado por la Estación (183.2 µg/m<sup>3</sup>), porque se encuentra en el redondel de Huachi Chico que tiene gran afluencia de vehículos como lo determina el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015 (RAMOS, 2015). En cuanto al Dióxido de Nitrógeno todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación (63.622 µg/m<sup>3</sup>).

### 3.8. Promedio diario 26 de Julio del 2017

**Tabla 8-3:** Concentraciones promedio - día 1

Concentración Promedio diario	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO (µg/m <sup>3</sup> )	43.1	48
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (µg/m <sup>3</sup> )	10.1	10.7
Temperatura	17	290

**Realizado por:** Sandra Freire, 2017



**Gráfico 8-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo - día 1  
**Realizado por:** FREIRE, Sandra, 2017

A una temperatura promedio diaria de 17 °C, 10 puntos de muestreo sobrepasan el valor de concentración de Ozono reportado por la Estación (43.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En cuanto al Dióxido de Nitrógeno 12 puntos de muestreo superan el valor reportado por la Estación (10.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

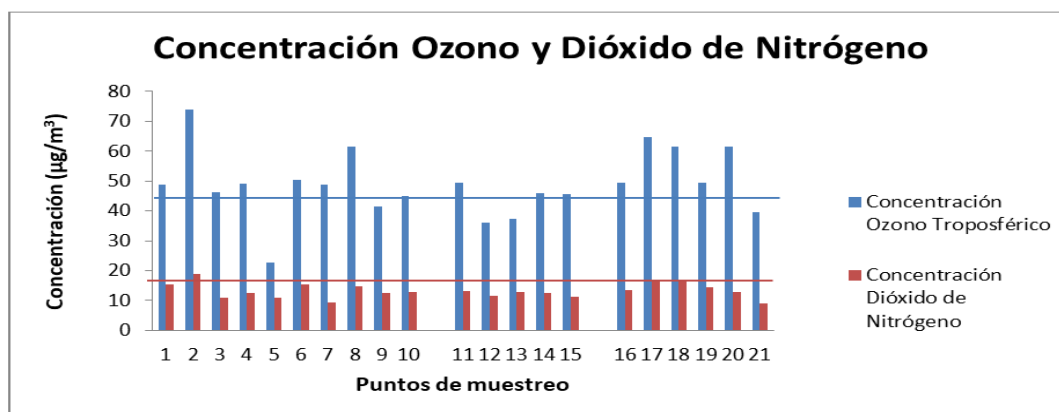
Los datos tienen relación proporcional entre  $\text{O}_3$  y  $\text{NO}_2$  ya que una mayor concentración de  $\text{NO}_2$  implica una mayor concentración de ozono según las reacciones de formación de Dismey Sosa. (SOSA, 2010).

### 3.9. Promedio diario 27 de Julio del 2017

**Tabla 9-3:** Concentraciones promedio - día 2

Concentración Promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	44.7	49
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	16.5	13.2
Temperatura	13	286

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 9-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 2

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

A una temperatura promedio diaria de 13 °C, 15 puntos de muestreo superan el nivel de concentración de Ozono reportado por la Estación de 44.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En cuanto al Dióxido de Nitrógeno todos los puntos están por debajo del valor reportado por la Estación de 16.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , excepto el punto 2.

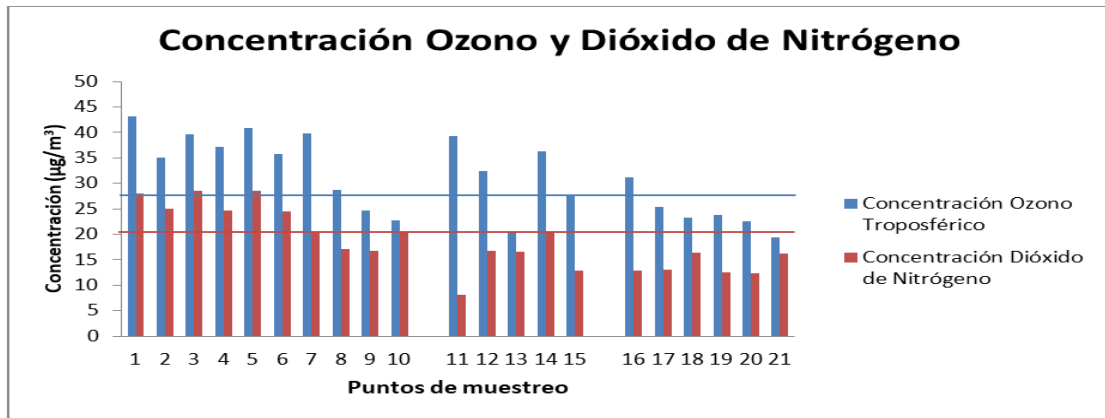
Las elevadas concentraciones de  $\text{O}_3$  y  $\text{NO}_2$  en este punto se deben a que se ubican en la Avenida Atahualpa en el Redondel de Huachi Chico, una de las vías con mayor flujo vehicular de la ciudad. Según el Estudio de Opacidad del año 2015.

### 3.10. Promedio diario 28 de Julio del 2017

**Tabla 10-3:** Concentraciones promedio – día 3

Concentración Promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	27.7	29.8
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20.5	19.5
Temperatura	13	286

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 10-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 3

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

A una temperatura promedio diaria de 13 °C, 12 puntos de muestreo sobrepasan el nivel de concentración de ozono reportado por la Estación (27.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el punto 1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 16. En cuanto al Dióxido de Nitrógeno 6 puntos de muestreo superan el valor reportado por la Estación (20.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el punto 1,2, 3, 4, 5, 6.

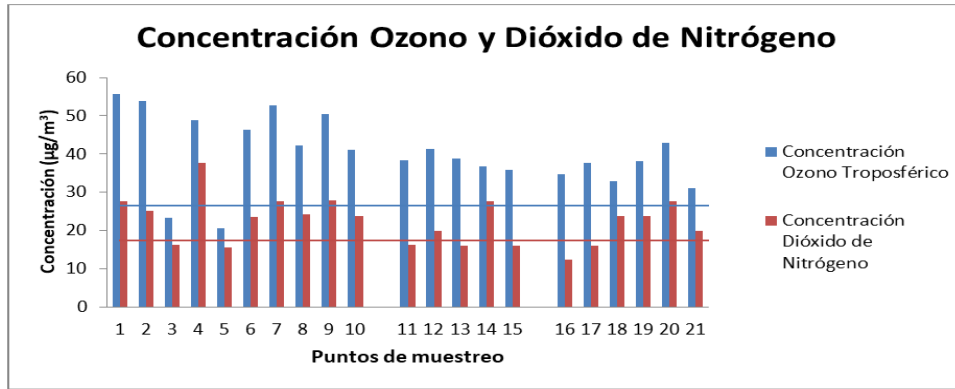
Los puntos con mayor concentración corresponden al redondel de Huachi chico y a la Avenida Atahualpa como lo reporta el Estudio de Opacidad en Ambato realizado en el 2015 (RAMOS, 2015).

### 3.11. Promedio diario 29 de Julio del 2017

**Tabla 11-3:** Concentraciones promedio – día 4

Concentración Promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	28.1	29.1
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	19.4	22.7
Temperatura	16	289

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 11-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 4  
 Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

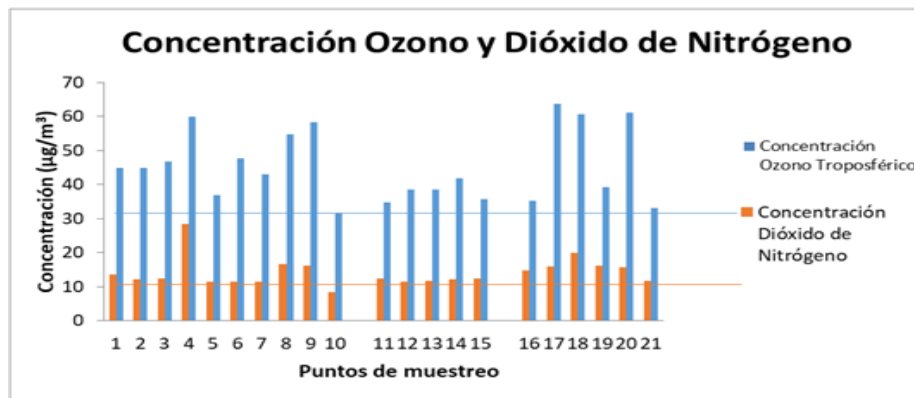
A una temperatura promedio diaria de 16 °C, 19 puntos de muestreo sobrepasan el nivel de concentración de Ozono reportado por la Estación de 28.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones elevadas se deben a que el muestreo es diario. En cuanto al Dióxido de Nitrógeno, 14 puntos de muestreo superan el valor reportado por la Estación de 19.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los datos tienen relación proporcional entre  $\text{O}_3$  y  $\text{NO}_2$  ya que una mayor concentración de  $\text{NO}_2$  implica una mayor concentración de  $\text{O}_3$  según las reacciones de formación de Sosa.

### 3.12. Promedio diario 30 de Julio del 2017

**Tabla 12-3:** Concentraciones promedio – día 5

Concentración Promedio semanal	Estación GADMA	Muestreo Pasivo
OZONO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	32.1	45.3
DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	10.9	14.1
Temperatura	15	288

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Gráfico 12-3** Concentraciones promedio según el punto de muestreo – día 5  
 Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



A una temperatura promedio diaria de 15 °C, 19 puntos de muestreo sobrepasan el nivel de concentración de Ozono reportado por la Estación de 32.1 µg/m<sup>3</sup>. Los puntos son 1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 sobrepasan estos niveles de concentración.

En cuanto al Dióxido de Nitrógeno 16 puntos de muestreo superan el valor reportado por la Estación de 10.9 µg/m<sup>3</sup>. La estación no registra los valores elevados de concentración del punto 1, 2, 3, 8, 9, 11, 13, 104, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 porque hubieron días en los que no se registraron valores en la estación según el reporte mensual de la Dirección de Control y Gestión Ambiental

### 3.13. Resultados Concentraciones Semanales según la norma

**Tabla 13-3:** Concentraciones de O<sub>3</sub> según la norma

<b>CONCENTRACIÓN DE OZONO media de ocho horas (µg/m<sup>3</sup>)</b>			
Semana	Fecha	Muestreo Pasivo	Norma
1	7-13 Junio	0.25	100
2	14-20 Junio	0.12	100
3	21-27 Junio	0.14	100
4	28 Junio-4 Julio	0.16	100
5	5-11 Julio	0.18	100
6	12-18 Julio	0.15	100
7	19-25 Julio	0.17	100

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

**Tabla 14-3:** Concentraciones de NO<sub>2</sub> según la norma

<b>CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO media de una hora (µg/m<sup>3</sup>)</b>			
Semana	Fecha	Muestreo Pasivo	Norma
1	7-13 Junio	0.21	200
2	14-20 Junio	0.29	200
3	21-27 Junio	0.24	200
4	28 Junio-4 Julio	0.26	200
5	5-11 Julio	0.21	200
6	12-18 Julio	0.18	200
7	19-25 Julio	0.19	200

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

### 3.14. Resultados Concentraciones diarias según la norma

**Tabla 15-3:** Concentraciones de O<sub>3</sub> según la norma

<b>CONCENTRACIÓN DE OZONO</b> <b>media de ocho horas (µg/m<sup>3</sup>)</b>			
Día	Fecha	Muestreo Pasivo	Norma
1	26-jul	16	100
2	27-jul	16.3	100
3	28-jul	9.93	100
4	29-jul	9.7	100
5	30-jul	15.1	100

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

**Tabla 16-3:** Concentraciones de NO<sub>2</sub> según la norma

<b>CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO</b> <b>media de una hora (µg/m<sup>3</sup>)</b>			
Semana	Fecha	Muestreo Pasivo	Norma
1	26-jul	0.44	200
2	27-jul	0.55	200
3	28-jul	0.81	200
4	29-jul	1.12	200
5	30-jul	0.58	200

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

### 3.15. Análisis Estadístico de Correlación

Se correlacionan los datos de concentración de la Estación de Monitoreo con los datos de concentración obtenidos mediante el muestreo pasivo, a través de un coeficiente de Pearson. Se hace un análisis para cada contaminante.

#### 3.15.1. Análisis de correlación ozono troposférico

**Hipótesis nula Ozono:** no existe una asociación lineal entre la concentración de ozono reportado por la Estación y la concentración de ozono reportada por el muestreo pasivo.

**Tabla 17-3:** Correlación Ozono troposférico

		Ozono ESTACIÓN	Ozono M. PASIVO
Ozono ESTACIÓN	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 7	-.378 .403 7
Ozono M.PASIVO	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-.378 .403 7	1 145

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

El coeficiente de relación entre la concentración de ozono reportado por la Estación y la concentración de ozono reportada por el muestreo pasivo es  $r = 0.378$ , por lo tanto no es significativa la correlación ya que se encuentra en un rango de  $0 - 0.5$  como lo indica la figura 8.1 Interpretación del coeficiente de correlación entre dos variables.

El valor de significancia es de  $0.403$  mayor que  $0.05$ , por lo que se acepta la hipótesis nula: por lo que no existe una asociación lineal entre la concentración de ozono reportado por la Estación y la concentración de ozono reportada por el muestreo pasivo como lo indica los postulados de Contreras. (CONTRERAS, 2003)

### 3.15.2. *Análisis de correlación Dióxido de Nitrógeno*

**Hipótesis nula Dióxido de Nitrógeno:** no existe una asociación lineal entre la concentración de  $\text{NO}_2$  reportado por la Estación y la concentración de  $\text{NO}_2$  reportada por el muestreo pasivo.

**Tabla 18-3:** Correlación Dióxido de Nitrógeno

		Dióxido de Nitrógeno. ESTACIÓN	Dióxido de Nitrógeno. M. PASIVO
$\text{NO}_2$ ESTACIÓN	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 7	.476 280 7
$\text{NO}_2$ M.PASIVO	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.476 280 7	1 144

Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

El coeficiente de relación entre la concentración de  $\text{NO}_2$  reportado por la Estación y la concentración de  $\text{NO}_2$  reportada por el muestreo pasivo es  $r = 0.476$ , por lo tanto es moderada

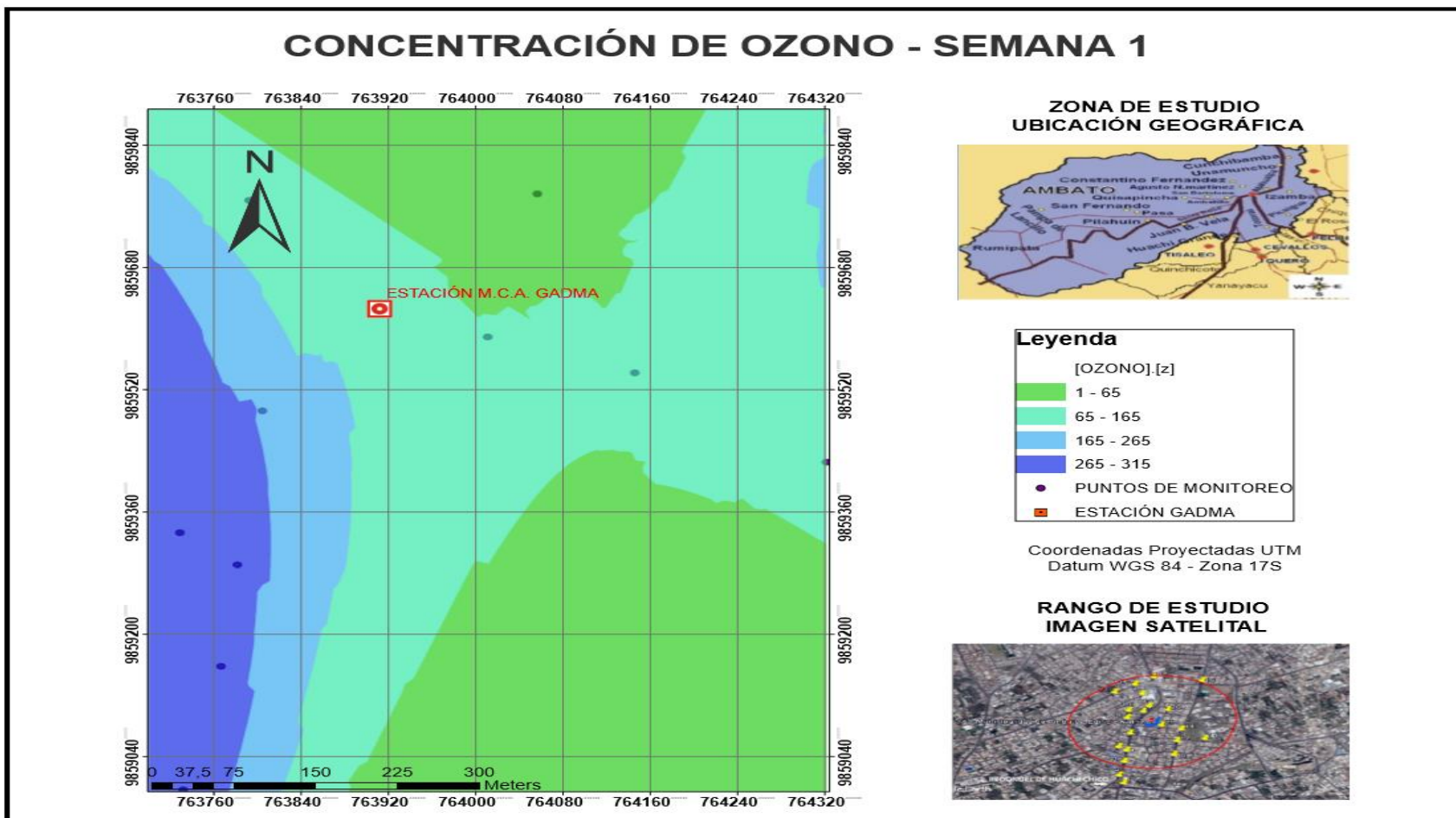
la correlación ya que se encuentra en un rango de 0.5 – 1 como lo indica la figura 9.1 Interpretación del coeficiente de correlación entre dos variables.

El valor de significancia es de 0.280 mayor que 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula: por lo que no existe una asociación lineal entre la concentración de NO<sub>2</sub> reportado por la Estación y la concentración de NO<sub>2</sub> reportada por el muestreo pasivo. (CONTRERAS, 2003)

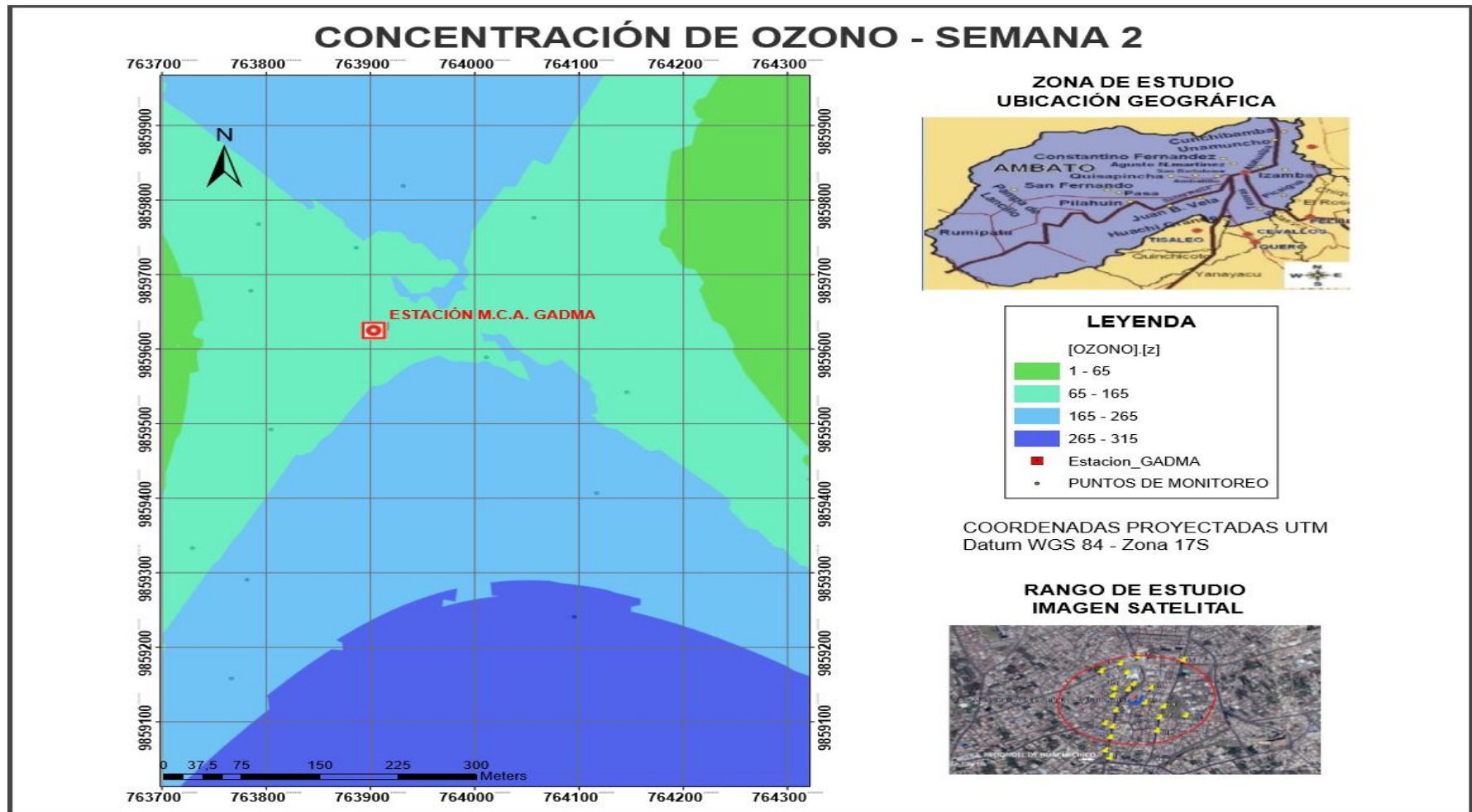
### **3.16. Mapas de Concentración en ArcGis**

Para determinar la eficiencia de la EMCA del GADMA se requiere determinar un valor de concentración de ozono confiable en torno al área circundante a la Estación, basándose en los valores de concentración acumulada de 21 puntos de monitoreo. La herramienta empleada es el kriging.

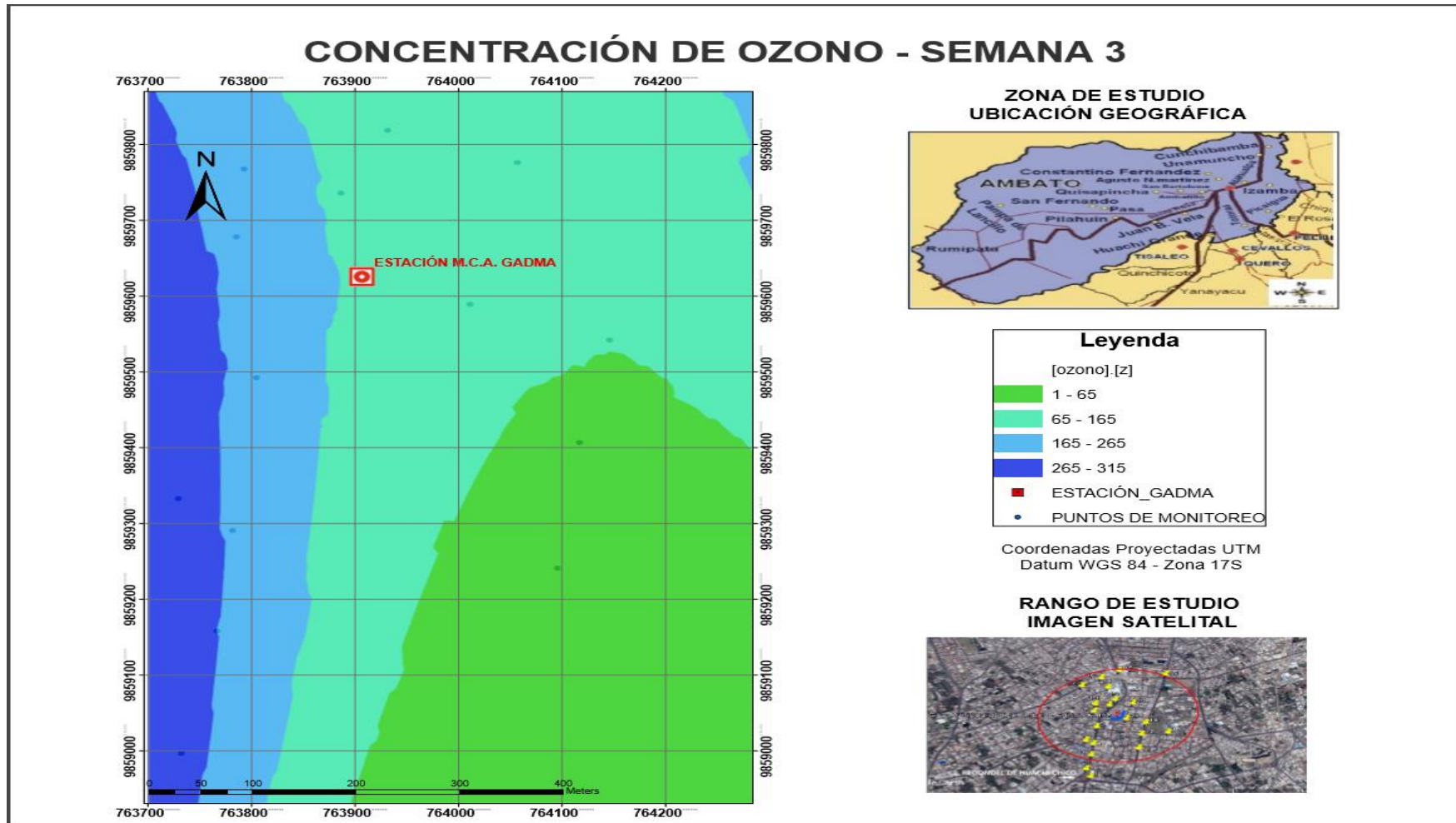
3.16.1. *Mapas de Concentración de ozono troposférico*



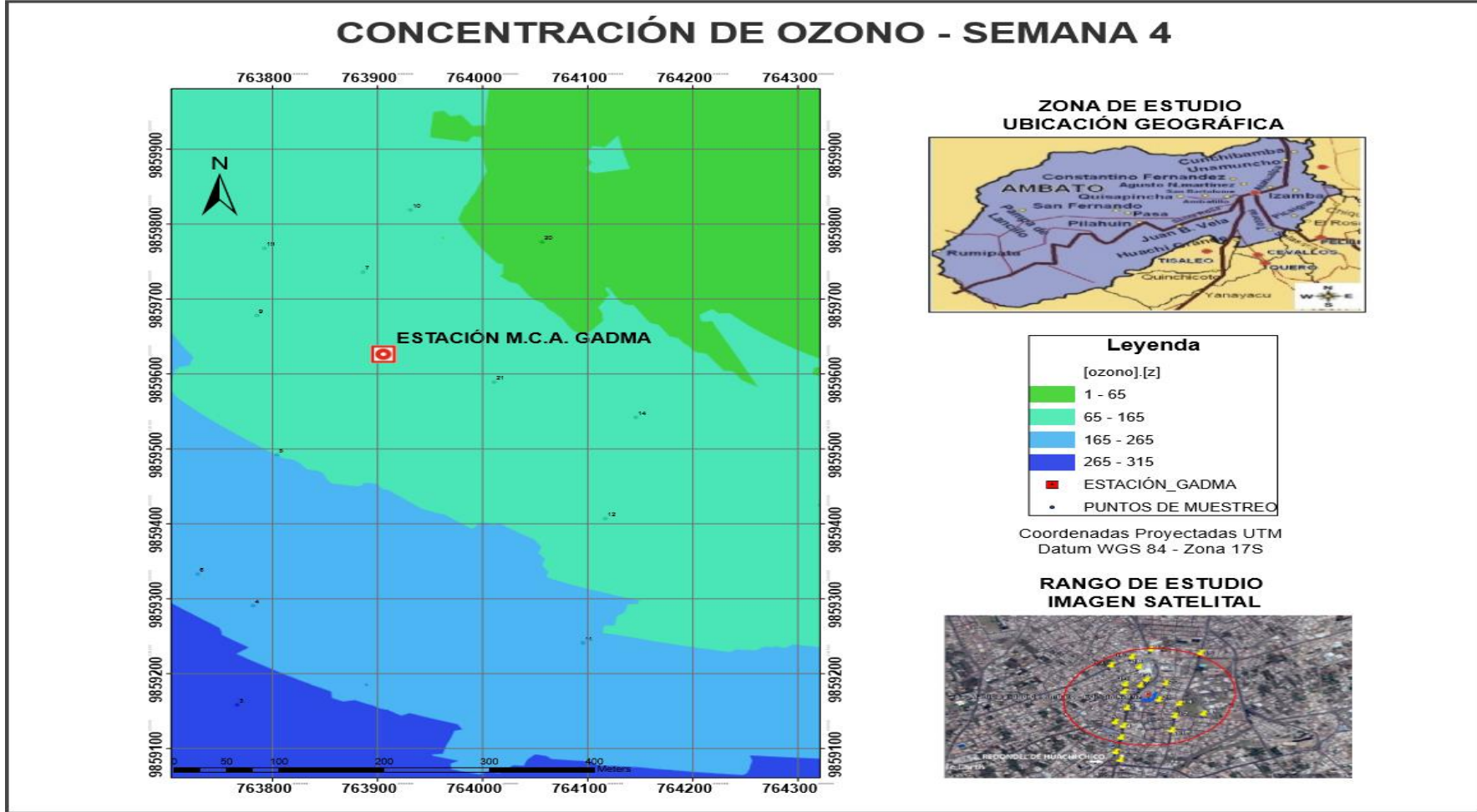
**Mapa 1-3** Concentración de Ozono Troposférico Semana 1  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Mapa 2-3** Concentración de Ozono Troposférico Semana 2  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

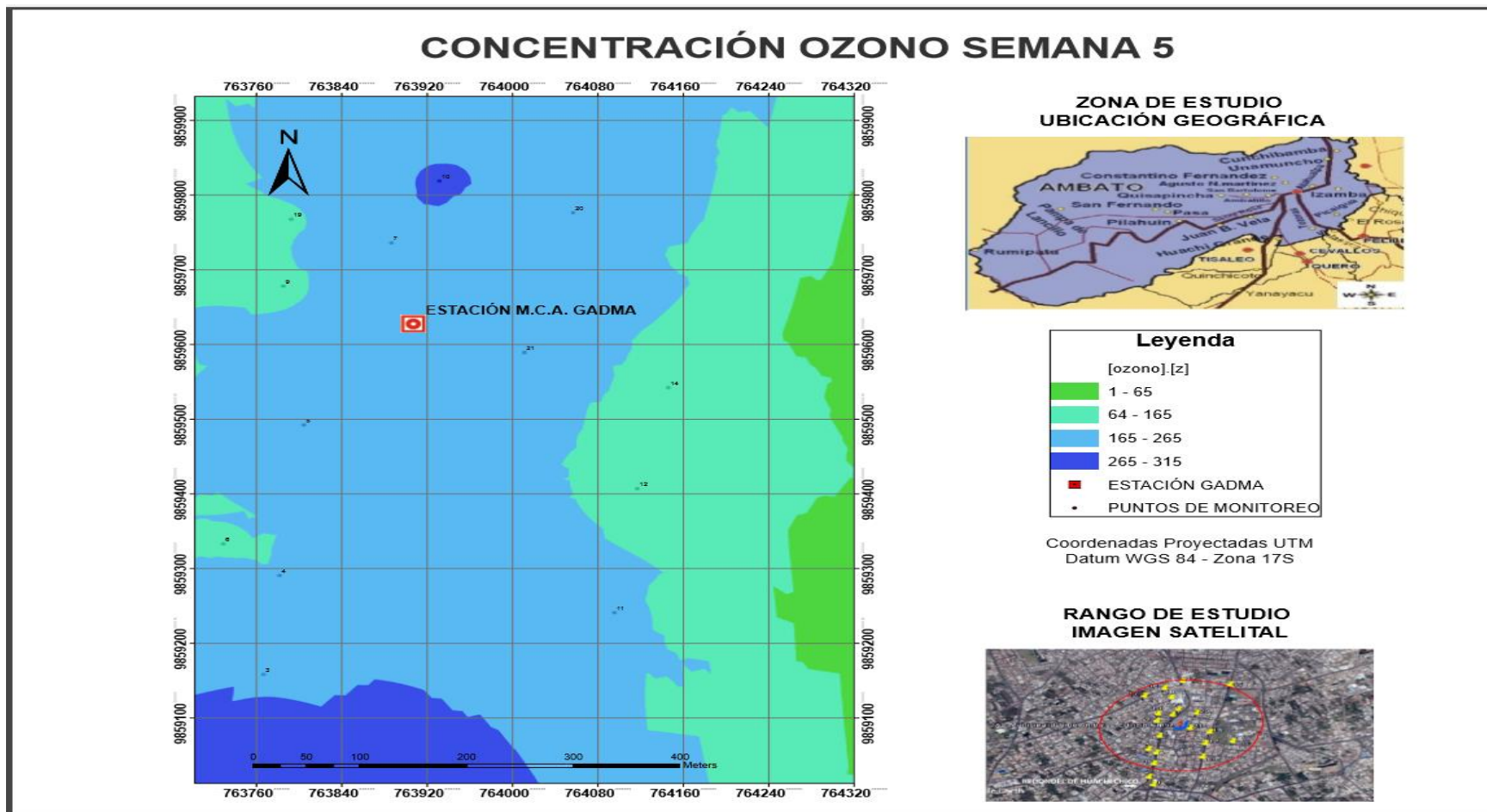


**Mapa 3-3** Concentración de Ozono Troposférico Semana 3  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

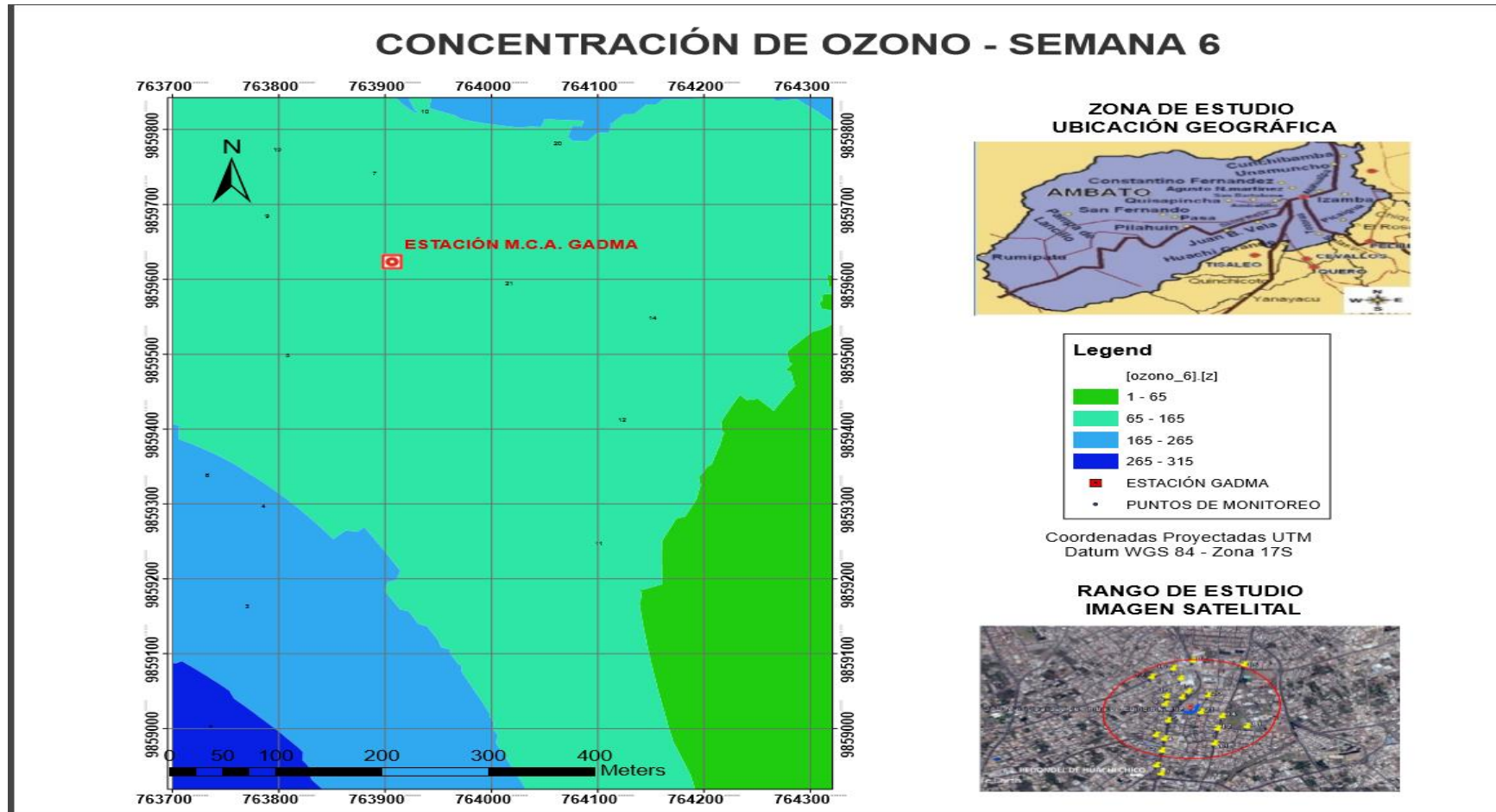


**Mapa 4-3** Concentración de Ozono Troposférico Semana4  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

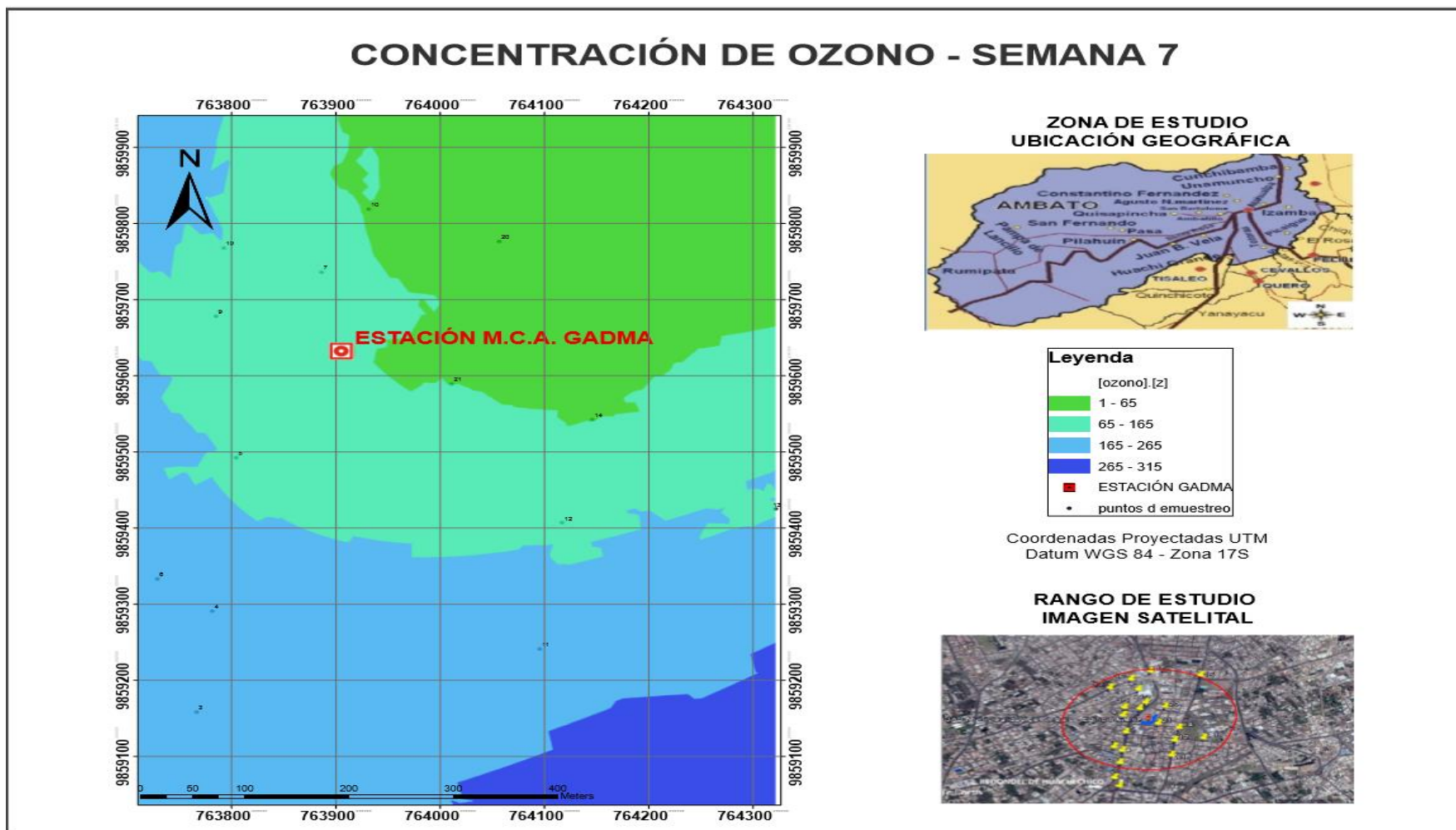




**Mapa 5-3** Concentración de Ozono Troposférico Semana 5  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Mapa 6-3** Concentración de Ozono Troposférico Semana 6  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Mapa 7-3** Concentración de Ozono Troposférico Semana 7  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

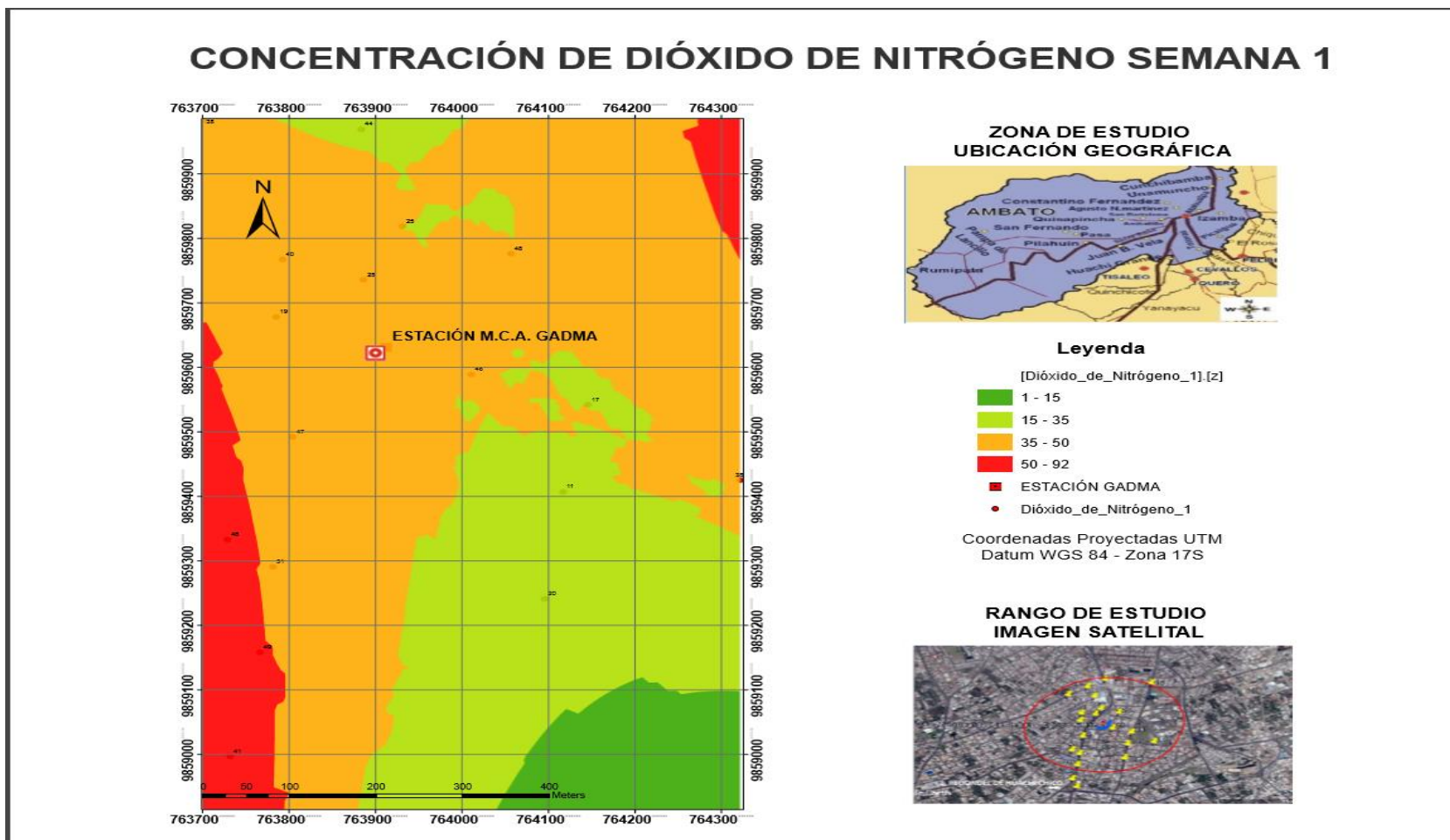
Los mapas permiten ver la distribución de la concentración de  $O_3$  en el rango de 800 metros, cuyo valor más elevado ( $265 - 315 \text{ ug/m}^3$ ) se representa de color azul que durante el período de muestreo se encuentra por fuera del rango de estudio.

La concentración más cercana que registra la Estación es de ( $65 - 165 \text{ ug/m}^3$ ). En el mapa (5-3) correspondiente a la semana 5, los valores más cercanos a la estación están en el rango de ( $165 - 265 \text{ ug/m}^3$ ), lo cual se debe a eventos sociales en la plazoleta del GADMA.

En cuanto al comportamiento del  $O_3$ , la zona más concentrada ( $265 - 315 \text{ ug/m}^3$ ) en el mapa (1-3) y el mapa (3-3) corresponde a la Avenida Atahualpa hasta el redondel de Huachi Chico, arteria principal en la entrada sur a la ciudad y de gran afluencia vehicular como lo indica El estudio de Opacidad realizado en el 2015.

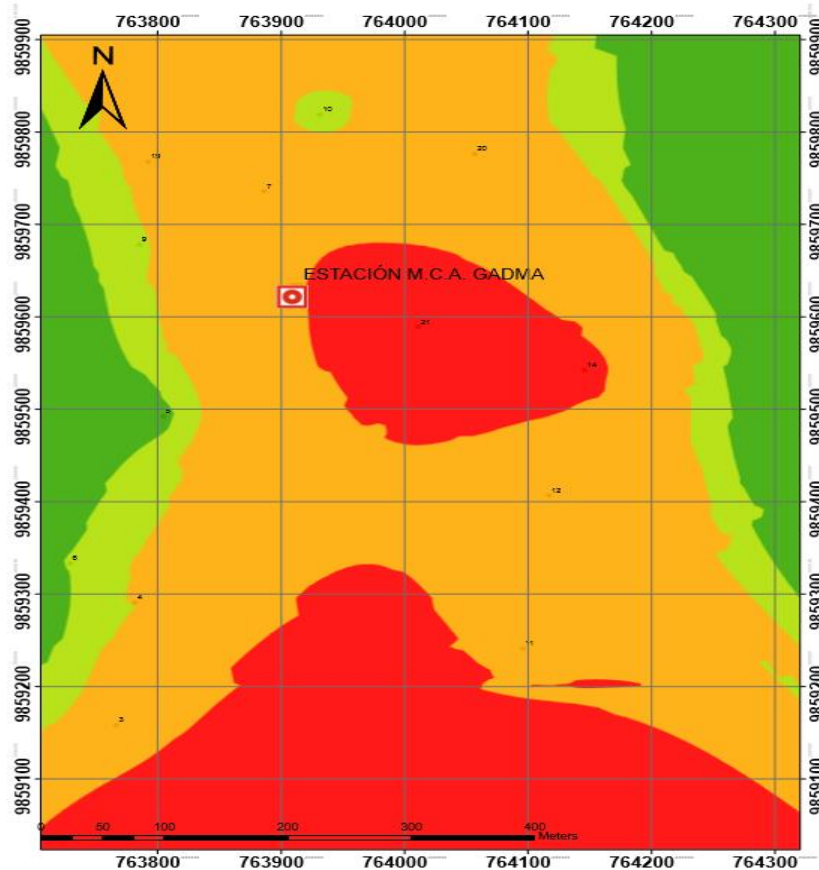
En el mapa (2-3) se observa la mayor concentración de ozono en el Redondel de Huachi Chico, de igual manera en los mapas (4-3), (5-3), (6- 3) y (7-3). En la zona de muestreo no hay industrias por lo tanto las emisiones registradas corresponden al parque automotor.

3.16.2. Mapas de Concentración de dióxido de nitrógeno



**Mapa 8-3** Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 1  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

## CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO SEMANA 2



### ZONA DE ESTUDIO UBICACIÓN GEOGRÁFICA



### Leyenda

[dióxido de nitrógeno] [Z]
1 - 15
15 - 35
35 - 50
50 - 92
ESTACIÓN GADMA
Puntos de Monitoreo

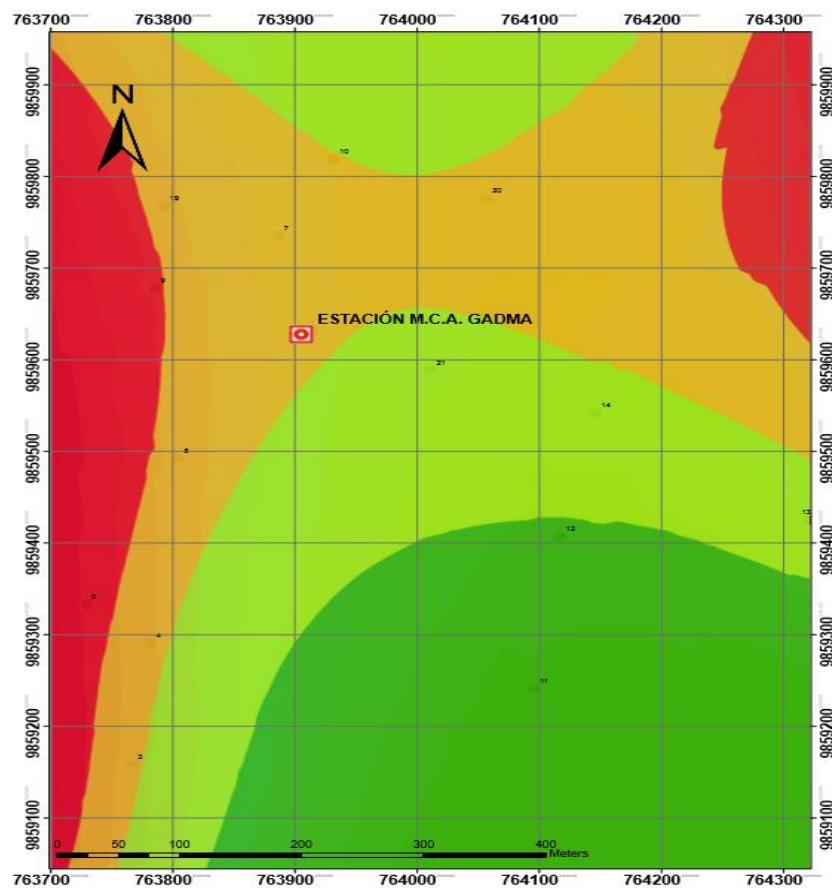
Coordenadas Proyectadas UTM  
Datum WGS 84 - Zona 17S

### RANGO DE ESTUDIO IMAGEN SATELITAL



**Mapa 9-3** Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 2  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

## CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO SEMANA 3



### ZONA DE ESTUDIO UBICACIÓN GEOGRÁFICA



### Leyenda

[DIÓXIDO\_DE\_NITROGENO].[z]

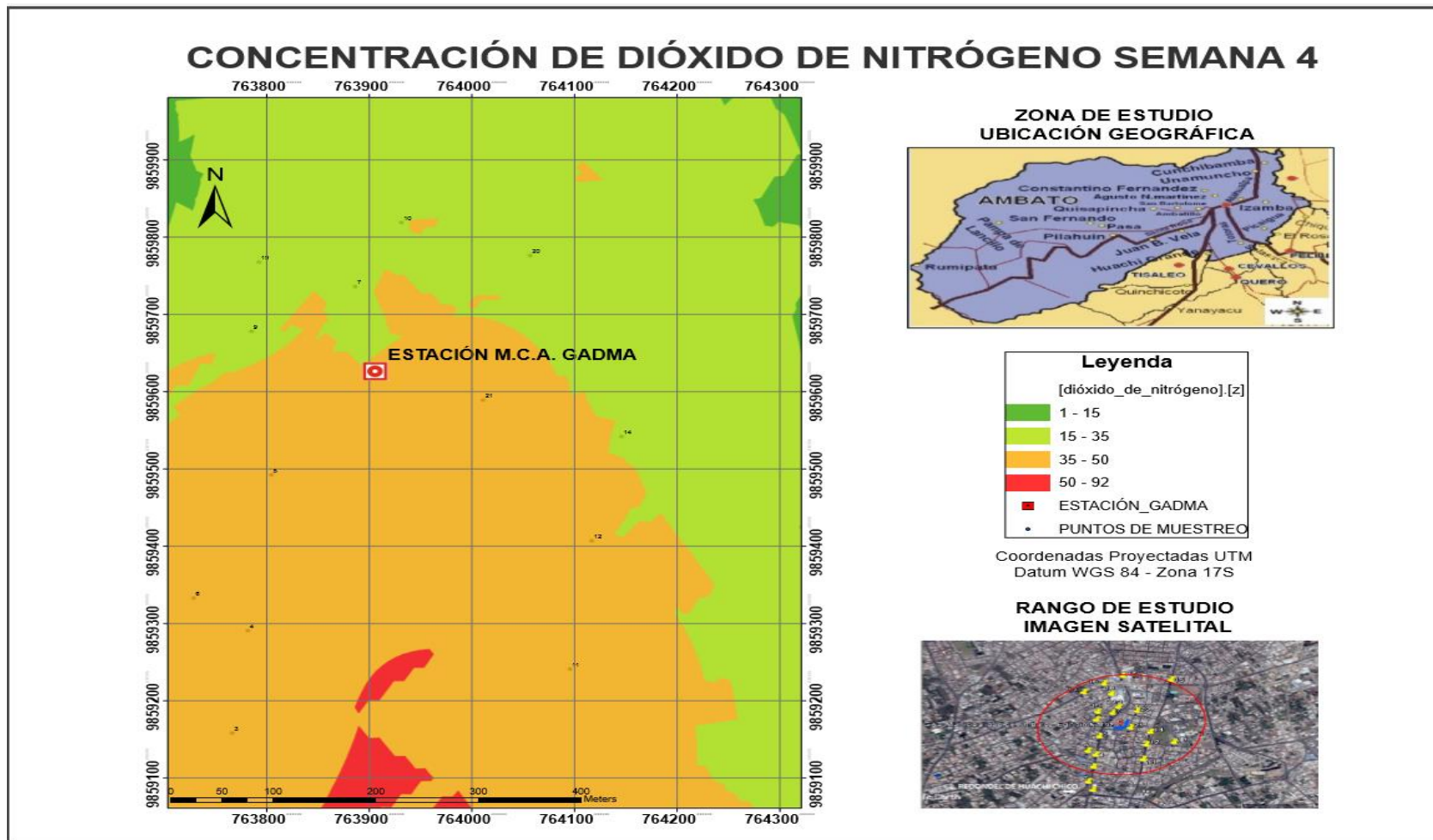
- 1 - 15
- 15 - 35
- 35 - 50
- 50 - 92
- ESTACIÓN GADMA
- PUNTOS DE MONITOREO

Coordenadas Proyectadas UTM  
Datum WGS 84 - Zona 17S

### RANGO DE ESTUDIO IMAGEN SATELITAL



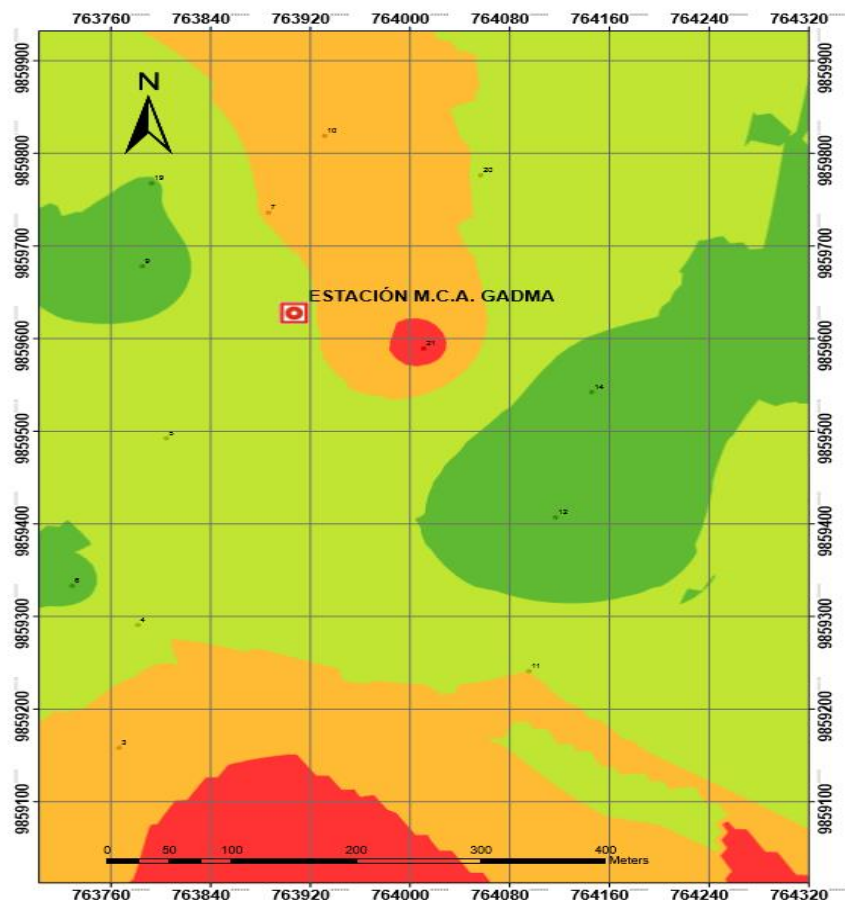
**Mapa 10-3** Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 3  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Mapa 11-3** Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 4  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



## CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO SEMANA 5



### ZONA DE ESTUDIO UBICACIÓN GEOGRÁFICA



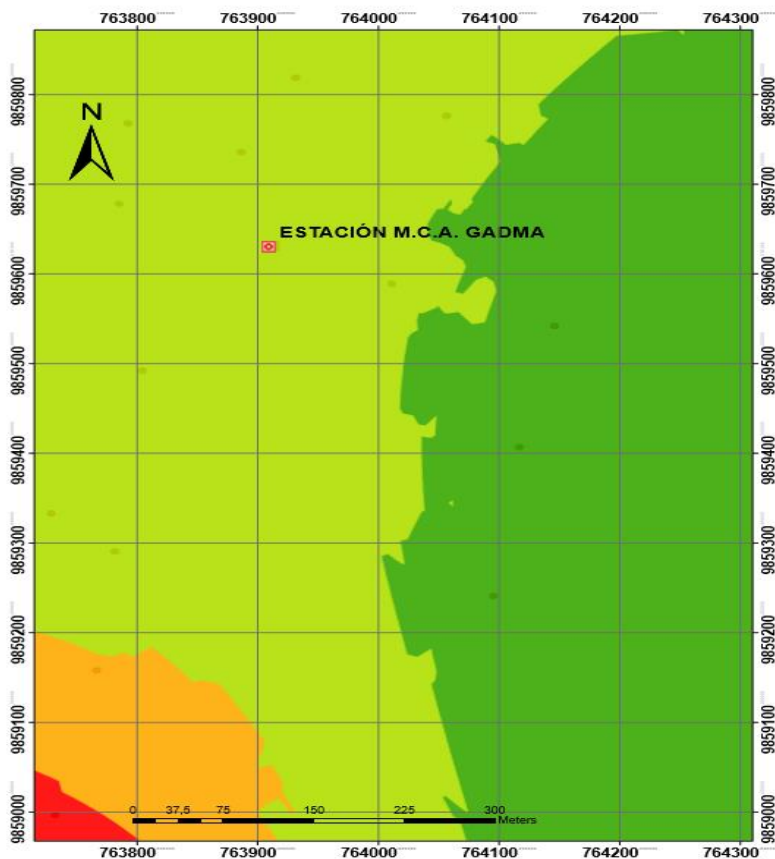
Coordenadas Projectadas UTM  
Datum WGS 84 - Zona 17S

### RANGO DE ESTUDIO IMAGEN SATELITAL



**Mapa 12-3** Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 5  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

## CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO SEMANA 6



### ZONA DE ESTUDIO UBICACIÓN GEOGRÁFICA



### Leyenda

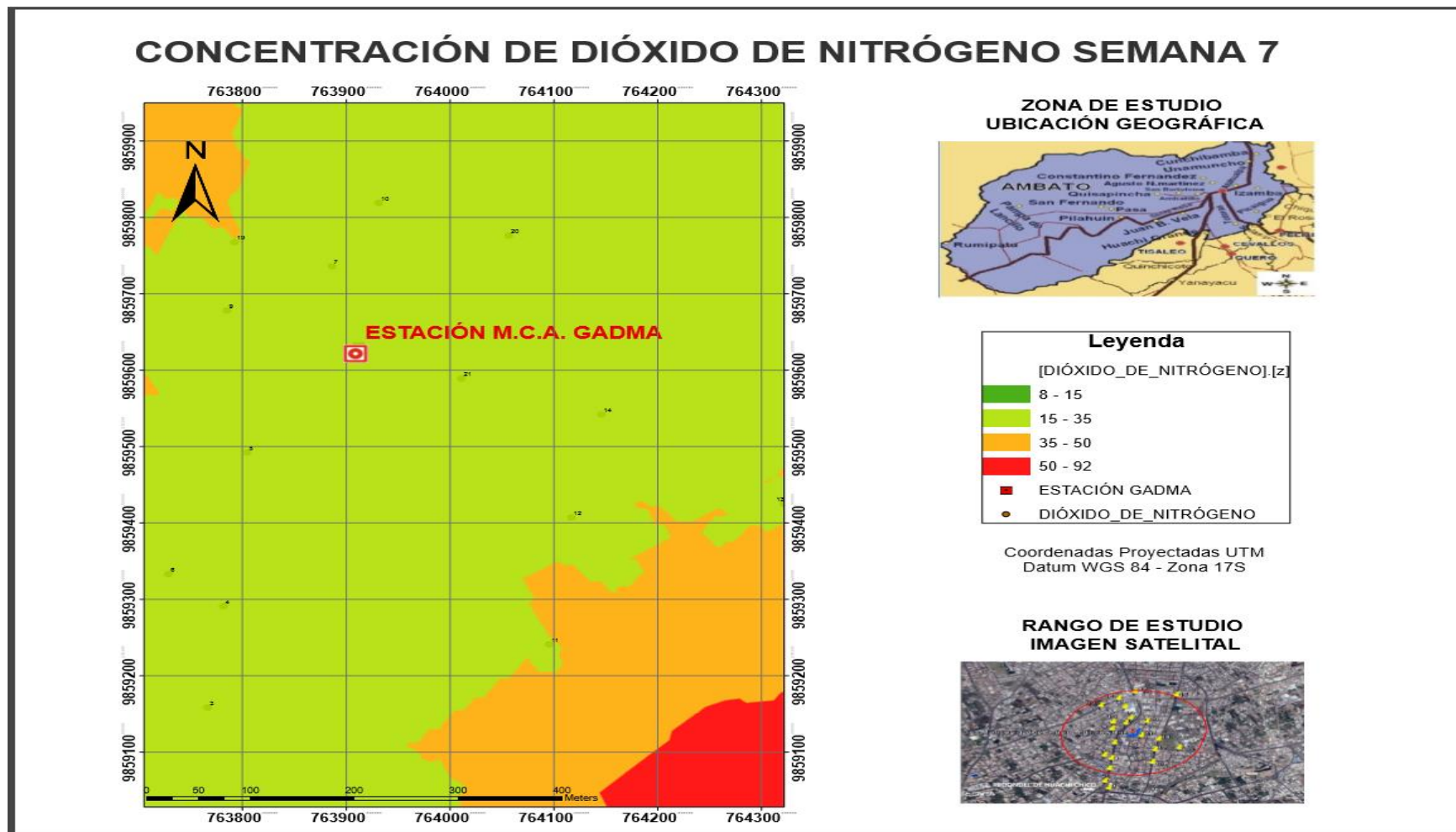


Coordenadas Proyectadas UTM  
Datum WGS 84 - Zona 17S

### RANGO DE ESTUDIO IMAGEN SATELITAL



**Mapa 13-3** Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 6  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017



**Mapa 14-3** Concentración de Dióxido de Nitrógeno semana 7  
Realizado por: FREIRE, Sandra, 2017

En los mapas se observa la variación en la concentración de NO<sub>2</sub> en el rango de estudio de 800 metros circundantes a la Estación, cuyos valores más elevados (50 - 92 ug/m<sup>3</sup>) se representan de color rojo. Las concentraciones más cercanas a la Estación (35- 50 ug/m<sup>3</sup>) se representan de color naranja claro lo que indica concentraciones moderadas debido al bajo porcentaje del parque automotor circundante a la Estación y a la altura de la misma.

En el mapa (8-3) y mapa (10 -3) las zonas con mayor concentración de NO<sub>2</sub> corresponden a la avenida Atahualpa y a la Avenida los Chasquis, lo cual se explica por las emisiones de los vehículos, principal fuente de Emisión de NO<sub>2</sub> según el Inventario de emisiones atmosféricas, de fuentes fijas y móviles, de la ciudad de Ambato, año 2015.

En los mapas (9-3) y (12-3) se observa una concentración elevada en el rango de (50 - 92 ug/m<sup>3</sup>) junto a la Estación, lo cual es un valor atípico debido a manipulación del tubo muestreador en la zona de muestreo. En los mapas (9-3), (11-3), (12-3), (13-3). Las concentraciones más elevadas de (50 - 92 ug/m<sup>3</sup>) se localizan en el redondel de Huachi Chico. En el mapa (14-3) la concentración más elevada se localiza en la Avenida los Chasquis.

La mayor concentración de NO<sub>2</sub> se encuentra fuera del rango de 500 metros de la Estación, lo cual indica que la mayoría de las concentraciones de NO<sub>2</sub> proviene del parque automotor que circula por las principales avenidas de la ciudad ubicadas a más de 1 kilómetro de distancia de la Estación y que no son registradas por esta.

La distribución de los contaminantes NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> es similar a lo reportado por otras investigaciones en ciudades como Cuenca, Riobamba y Guayaquil ya que la principal fuente de emisión son los vehículos. Estudios realizados en Madrid en el 2015 demuestran la eficacia de incorporar el muestreo pasivo y el control de vehículos a la red de monitoreo de Calidad del Aire las ciudades. (Borges, 2015)

### **3.17. Discusión de Resultados**

Considerando el valor teórico de alcance de medición de la Estación de 5 kilómetros, se observa en los Mapas de Concentración de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> que la Estación solo registra concentraciones en los 500 metros circundantes a ésta. Lo cual se explica por la ubicación de la estación, la topografía

del terreno, la dirección del viento y calibración del equipo como lo manifiesta el Informe de la Calidad del Aire de Quito 2014 en su apartado de Estaciones Meteorológicas. (Secretaría de Ambiente, 2015)

Una vez realizado el análisis estadístico, se determina que la Estación es eficiente en un 37.8 % en cuanto a mediciones de concentración de  $O_3$  troposférico ya que la Estación no mide concentraciones de compuestos orgánicos volátiles que son precursores en la formación de  $O_3$ . Según Quinteros, para la formación de  $O_3$ , el  $NO_2$  y los compuestos orgánicos volátiles acumulados principalmente en las horas pico, reaccionan con la luz solar. (QUINTEROS, y otros, 2003)

La Estación es eficiente en un 47.6 % en cuanto a mediciones de concentración de  $NO_2$  debido a que la principal fuente de emisión de este gas es el parque automotor. Lo cual se explica por los datos reportados por el Inventario de emisiones atmosféricas, de fuentes fijas y móviles de la ciudad de Ambato, donde indica que un total de 399 autobuses urbanos representan el mayor número de emisiones de la ciudad. (LOZADA, 2015)

Según la Evaluación de la contaminación atmosférica asociada a la opacidad producida por el transporte masivo urbano en la ciudad de Ambato (RAMOS, 2015), una de las Rutas con mayor tráfico vehicular es la Avenida Atahualpa desde el redondel de Huachi Chico.

Por lo tanto, la estación no está bien ubicada, ya que no registra las concentraciones de  $O_3$  y  $NO_2$  a más de 500 metros a la redonda. Como se muestra en los Mapas de Concentración, las Emisiones con mayor concentración de  $O_3$  están en el Rango de (265 – 315)  $ug/m^3$  en la Avenida Atahualpa y el Redondel de Huachi Chico.

Las Emisiones con mayor concentración de  $NO_2$  están en el Rango de (50 – 92)  $ug/m^3$  en la Avenida Atahualpa y el Redondel de Huachi Chico. Por lo que se recomienda reubicar la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire al redondel de Huachi Chico, es decir moverla 800 metros sentido Sur-este.

## CAPITULO IV

### 4. PROPUESTAS Y SOLUCIONES PARA PREVENIR LAS ELEVADAS CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO Y OZONO

#### 4.1. Introducción

La principal fuente emisora de NO<sub>2</sub> es la combustión interna de los vehículos, por lo tanto, es importante actuar sobre ésta directriz para controlar el aumento de emisiones de NO<sub>2</sub>. La radiación y el NO<sub>2</sub> son precursores en la formación de O<sub>3</sub> troposférico. Lo cual indica que se debe considerar los dos contaminantes en las acciones de prevención y control de la contaminación ambiental.

El fin principal de realizar el presente estudio radica en dar a conocer a la ciudadanía los niveles de contaminación de contaminación a los que están expuestos y proponer soluciones de prevención principalmente para evitar daños a la ciudadanía.

#### 4.2. Legislación

La Normativa vigente en el país considera los derechos de la naturaleza en la Constitución, manifestando que los ecuatorianos tenemos el derecho de vivir en un ambiente sano.

La Normativa Vigente que rige las acciones a tomar son las siguientes:

- La Ley de la Prevención y Control de la Contaminación del aire
- Código Orgánico del Ambiente (COA)
- Ley de Gestión Ambiental
- Acuerdo ministerial no. 028 sustitúyese el libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria
- Acuerdo no. 061 reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria
- Acuerdo no. 097 - A refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria
- Ley Orgánica de la Salud del Ecuador

Con el cumplimiento de la normativa se procura establecer lineamientos para no sobrepasar el límite máximo permisible.

### 4.3. Objetivos

#### 4.3.1. Objetivo 1

Reducir la concentración de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en el sector de Huachi Chico en un 10% de las emisiones reportadas.

#### **META 1. Reducir las emisiones de NO<sub>2</sub>**

Medidas:

Rigurosa revisión técnica de vehículos medianos y livianos.
Renovación de buses inter-parroquiales.
Readecuación de las rutas de circulación.
Delimitar nuevas rutas de circulación alterna para transporte pesado.
Establecer líneas de acción, control y prevención de emisiones en el parque automotor con la inclusión de tecnologías limpias y modernas en los vehículos.
Muestreo pasivo prolongado de NO <sub>2</sub>

**Responsables:** dirección de tránsito, transporte y movilidad de Ambato

**Tiempo de ejecución:** 10 meses

#### **META 2. Reducir las emisiones de O<sub>3</sub>**

Medidas:

Realizar un inventario de emisiones especificando la fuente emisora que puede ser móvil y fija.
Establecer una red de monitoreo que incluya a los contaminantes de mayor relevancia como COVs, material particulado, NOx y O <sub>3</sub> .
Muestreo pasivo de O <sub>3</sub> prolongado
Realizar estudios de la Radiación en la ciudad.

**Responsables:** GADMA – Dirección de Control y Gestión Ambiental

**Tiempo de ejecución:** 1 año

#### 4.3.2. *Objetivo 2*

Capacitar a la ciudadanía y a los conductores sobre los daños a la salud provocados por la exposición a NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>

**META 1.** Educar y concientizar a la ciudadanía.

Medidas:

Campana de concientización acerca de los daños a la vida y al medio ambiente a causa de la contaminación ambiental en escuelas y colegios
Campanas para el uso racional del vehículo en zonas residenciales y comerciales.
Incentivos económicos y etiquetas a los vehículos de baja emisión de contaminantes.
Capacitar al sector industrial y comercial sobre las fuentes fijas de emisión de NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub>
Capacitar a los sectores rurales para eliminar la quema de residuos orgánicos e inorgánicos.

**Responsables:** GADMA – Dirección de Control y Gestión Ambiental

**Tiempo de ejecución:** 1 año



## CONCLUSIONES

- Se realizó el muestreo pasivo de dióxido de nitrógeno y ozono troposférico en un dominio de 500 metros a la redonda de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del GAD Municipalidad de Ambato. El muestreo se realizó con éxito ya que la metodología se ejecutó en base a técnicas avaladas y los resultados obtenidos se relacionan con los reportados por estudios de muestreo pasivo en otras ciudades del país.
- Se determinó la concentración de dióxido de nitrógeno y ozono troposférico durante un periodo de muestreo de 2 meses, obteniéndose como resultado valores por debajo del límite permisible por la norma ecuatoriana. Las concentraciones de dióxido de nitrógeno y ozono troposférico se incrementan en el sector del redondel de Huachi Chico y disminuyen en el sector del GADMA. Las Avenidas con mayor concentración de contaminantes atmosféricos son la Av. Atahualpa y la Av. Los Chasquis.
- Se realizó una validación externa de los datos de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del GAD Municipalidad de Ambato con los datos obtenidos en el muestreo pasivo determinando que la Estación del GADMA es eficiente en un 37.8% en la medición de Ozono y 47.6% en la medición de Dióxido de Nitrógeno; dado que no registra las elevadas concentraciones del redondel de Huachi Chico ubicado a 800 metros de la Estación. Es decir, la estación monitorea contaminantes en un rango de 500 metros.
- Se estableció y se propuso soluciones para prevenir las elevadas concentraciones de dióxido de nitrógeno y ozono, basadas en dos objetivos; el primero reducir la concentración de  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  en el sector de Huachi Chico en un 10% de las emisiones reportadas. El segundo objetivo consistió en capacitar a la ciudadanía y a los conductores sobre los daños a la salud provocados por la exposición a  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$ . Cada objetivo tiene metas que serán cumplidas en un año.

## RECOMENDACIONES

- La principal recomendación es la reubicación de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire a la zona con mayores concentraciones de  $O_3$  y  $NO_2$  correspondiente al redondel de Huachi Chico ubicado en las coordenadas 763763,62 mE; 9858905,84 mS, Se recomienda mover la Estación 800 metros sentido Sur-este para que registre las elevadas concentraciones de  $NO_2$  y  $O_3$ . La ubicación recomendada se encuentra en la salida a Riobamba debido al alto tráfico vehicular y a la semejanza en la cota de esta zona. La corta variación de altura provee mayor veracidad en los reportes de la Estación.
- Ubicar más puntos de monitoreo pasivo de  $NO_2$  y  $O_3$  de tal manera que abarquen toda la ciudad.
- Realizar un estudio de la emisión de contaminantes gaseosos provenientes de fuentes fijas.
- Realizar el muestreo pasivo de contaminantes como COVs, BTX y  $SO_2$  ya que la EMCA no mide estos contaminantes.

## BIBLIOGRAFÍA

**BARRÍA, Rene; et al.** “Contaminación Intradomiciliaria por material particulado en hogares de recién nacidos”. *Revista Chilena de Pediatría* [en línea], 2016, (Chile) 87(5), pp. 343-350.

[Consulta: 3 de octubre de 2017]. Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037041061630016X>

**BARROS ANDRADE, Elizabeth & QUEZADA MÉNDEZ, Stalin.** Determinación de los niveles de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en la ciudad de Cuenca [en línea] (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería Química. Cuenca-Ecuador. 2006.

[Consulta: 12 de marzo de 2017].

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/8333>

**BATANERO, Carmen; et al.** “Análisis de los conceptos asociados a la correlación y regresión en los textos de bachillerato”. *Revista Didacticae* [en línea], 2017, (España) 1(1), pp. 60-76.

[Consulta: 1 de noviembre de 2017].

Disponible en: <http://www.ugr.es/~batanero/documentos/Didacticae.pdf>

**BERMEJO, Victoria; et al.** *El ozono troposférico y los efectos en la salud* [en línea]. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. España.

[Consulta: 4 de abril de 2017].

Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono\\_tcm7-438816.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono_tcm7-438816.pdf)

**BORGE, R; et al.** “Experimental Campaign in a Heavily Trafficked Roundabout in Madrid for the Assessment of Air Quality Monitoring Station Representativeness in Terms of Population Exposure to NO<sub>2</sub>”. *Healthy-Polis Workshop on Climate Change and Urban Health – II* [en línea], 30 de 05 de 2015, (España).

[Consulta: 20 de junio 2017].

Disponible en: [http://tecaire-cm.org/wp-content/uploads/2016/06/H-P\\_Kushan-RBorge-def.pdf](http://tecaire-cm.org/wp-content/uploads/2016/06/H-P_Kushan-RBorge-def.pdf)

**CAÑADA, Rosa; et al.** “Interpolación espacial y visualización cartográfica para el análisis de la justicia espacial: Ensayo metodológico sobre la contaminación por partículas atmosféricas en Madrid”. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* [en línea], 2010, España, pp. 118-154. [Consulta: 27 de agosto de 2017]. ISSN 1578-5157

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/264885178\\_INTERPOLACION\\_ESPACIAL\\_Y\\_VISUALIZACION\\_CARTOGRAFICA\\_PARA\\_EL\\_ANALISIS\\_DE\\_LA\\_JUSTICIA\\_AMBIENTAL\\_ENSAYO\\_METODOLOGICO\\_SOBRE\\_LA\\_CONTAMINACION\\_POR\\_PARTICULAS\\_ATMOSFERICAS\\_EN\\_MADRID](https://www.researchgate.net/publication/264885178_INTERPOLACION_ESPACIAL_Y_VISUALIZACION_CARTOGRAFICA_PARA_EL_ANALISIS_DE_LA_JUSTICIA_AMBIENTAL_ENSAYO_METODOLOGICO_SOBRE_LA_CONTAMINACION_POR_PARTICULAS_ATMOSFERICAS_EN_MADRID)

**CIENCIAS DE LA NATURALEZA. CIDEAD.** [En línea 2009] [Consulta:20 de junio 2017].

Disponible en:

<http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/1esobiologia/1quincena5/pdf/quincena5.pdf>.

**COMUNIDAD DE MADRID.** *Campaña de Medición de la Calidad del Aire en Perales del Río* [en línea]. Perales del Río-Madrid. Red de Calidad del aire de la Comunidad de Madrid. 2 de octubre de 2014. [Consulta: 15 de febrero de 2017].

Disponible en: <http://docplayer.es/15278214-Campana-de-medicion-de-la-calidad-del-aire-en-perales-del-red-de-calidad-del-aire-de-la-comunidad-de-madrid.html>

**CONTRERAS, Alejandro. ROSAS, Snell & ZÚÑIGA, Juan.** Estadística Descriptiva. Colegio de Bachilleres. [En línea] 2003. [Consulta: 16 de octubre de 2017.] Disponible en:

[http://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material\\_bachilleres/cb6/5sempdf/edin1/edi1\\_f03.pdf](http://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/edin1/edi1_f03.pdf).

**DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD, ECUADOR.** Periodo de matriculación 2016. Boletín de Prensa 0014. [En línea] GADMA, 1 de ENERO de 2017. [Consulta: 11 de 1 de 2017.]

Disponible en:<http://www.ambato.gob.ec/inicia-el-periodo-de-matriculacion-2017-en-ambato>.

**ECOTRAVEL.** *Ambato-Ecuador ciudades y destinos* [en línea]. Ambato. [Consulta: 15 de noviembre de 2017]. Disponible en:

<http://www.ecostravel.com/ecuador/ciudades-destinos/iglesia-catedral-ambato.php#actividades>

**ENCINAS, María.** “El Sistema Medio Ambiente y Contaminación”. *Medio Ambiente y Contaminación. Principios Básicos* [en línea], 2011,1.

[Consulta: 10 de agosto de 2017]. ISBN 978-84-615-1145-7.

Disponible en:

<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>

**FORTIS, Manuel; et al.** “Validación de cuatro modelos de interpolación para cartografiar nitrato y amonio en el suelo”. *Revista Terra Latinoamericana* [en línea], 2010, (México) 28(4), pp. 371-379.

[Consulta: 6 de agosto de 2017]. ISSN 2395-8030.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57318502009.pdf>

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPALIDAD DE AMBATO.**

“Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial”. *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato* [en línea], 2015, (Ecuador).

[Consulta: 7 de julio de 2017].

Disponible en: <http://www.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2016/09/PDOT-Ambato-07-06-2016.pdf>

**JIMENEZ GARCIA, Enrique.** Estudio, Diseño y Gestión de Sistemas de Medición de la Contaminación Atmosférica en Tarragona [en línea] (Tesis de pregrado). Escola Técnica Superior Enginyeria, Department d'Escola Técnica Superior Enginyeria Electrónica Eléctrica i Automàtica. Tarragona, España. 2007. pp. 54-56.

[Consulta: 23 de noviembre de 2016].

Disponible en: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1130pub.pdf>

**LOZADA PROAÑO, Andrés Darío.** Inventario de emisiones atmosféricas, de fuentes fijas y móviles basados en datos existentes, de la ciudad de Ambato, año 2015 [en línea] (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera Ingeniería Química. Ambato, Ecuador. 2016.

[Consulta: 16 de octubre de 2017].

Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23817/1/BQ%2097.pdf>

**MANRIQUE CARVAJAL, Angélica María & OSSA MORALES, Diana Marcela.** Validación de los Métodos Espectrofotométricos para la Determinación de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> en Muestras de Aire [en línea] (Trabajo de Grado). (Tecnólogo) Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Química. Pereira, Colombia. 2010. pp. 10-12. [Consulta: 23 de noviembre de 2016].

Disponible en:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1832/5430858M285.pdf?sequence1>

**MAPASAMERICA.** *Mapa de Ambato, Tungurahua* [en línea]. 2017. [Consulta: 2017-01-11].

Disponible en: <http://mapasamerica.dices.net/ecuador/mapa.php?nombre=Ambato&id=11141>

**MENDOZA, Pablo.** “Informe nacional de calidad del aire de Bolivia-2015”. *Red de monitoreo de calidad del aire, Red Mónica* [en línea]. 2016 (Bolivia). [Consulta: 5 de noviembre de 2017].

Disponible:

<http://www.mmaya.gob.bo/uploads/libros/calidad%20del%20aire%20Nacional%20baja%20res>.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE. ECUADOR.** *Registro Oficial. SUIA.* [Archivo PDF]. 2015. [Consulta: 27 de marzo de 2017]. Disponible en:

[http://gis.uazuay.edu.ec/ide2015/links\\_doc\\_contaminantes/REGISTRO%20OFICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf](http://gis.uazuay.edu.ec/ide2015/links_doc_contaminantes/REGISTRO%20OFICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf)

**OLIVA, Pablo; et al.** “Manual de Laboratorio”. *Programa Aire Puro Monitoreo del Aire* [Archivo PDF], 2001, (Guatemala), pp. 77-85.

[Consulta: 11 de enero de 2017].

Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/Manual-laboratorio-analisis-aire.pdf>

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** “Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material Particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre”. *Actualización mundial 2012* [en línea]. 2012, pp. 14-17.

[Consulta: 27 de marzo de 2017].

Disponible en:

[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf)

**QUINTERO, Janeth; et al.** “Método fotométrico para la determinación de la concentración de ozono atmosférico”. *Revista VISTUA* [en línea], 2003, (España) volumen (2), pp. 13-16.

[Consulta:2017-02-13]. ISSN 0120-4211.

Disponible:

[http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/publicaciones/bistua\\_revista\\_ciencias\\_basica/2004/11082010/rev\\_bis\\_vol2\\_num1\\_art2.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/bistua_revista_ciencias_basica/2004/11082010/rev_bis_vol2_num1_art2.pdf)

**RAMOS, Verónica.** Evaluación de la contaminación atmosférica asociada a la opacidad producida por el transporte masivo urbano en la ciudad de Ambato. 2015. (Tesis de pregrado).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. [En línea] Noviembre de 2015. [Consulta: 4 de septiembre de 2017.]

Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4854>.

**RIOJAS, Horacio.** “Contaminación Atmosférica y Salud de la Zona Metropolitana del Valle de México”. *Instituto Nacional de Salud Pública* [en línea], 27 de abril de 2016, (México).

[Consulta: 5 de septiembre de 2017]. Disponible en:

[http://www.senado.gob.mx/comisiones/distrito\\_federal/reu/docs/presentacionHRR\\_270416.pdf](http://www.senado.gob.mx/comisiones/distrito_federal/reu/docs/presentacionHRR_270416.pdf)

**RODRÍGUEZ, Concepción.** *La atmósfera*. España. Marea verde. [En línea]

[Consulta: 1 de noviembre de 2017.]

Disponible:[http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas\\_1/1\\_Tema\\_03\\_La\\_atmosfera.pdf](http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_1/1_Tema_03_La_atmosfera.pdf).

**SOSA RODRÍGUEZ, Dismey.** Validación de las técnicas analíticas y de los métodos de medida en el laboratorio para la cuantificación de dióxido de nitrógeno y ozono troposférico [en línea] (Diplomado). [Pdf] Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Facultad Química-Farmacia, Departamento de Lic. Química. Santa Clara, Cuba. 2010. pp. 7-19.

[Consulta: 12 de enero de 2017].

Disponible en:

<http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/462/Q10038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**UBILLA, Carlos & YOHANNESSEN, Karla.** “Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño”. *Revista Médica Clínica Las Condes* [en línea], 2016, (Chile) 28(1), pp. 111-118. [Consulta: 27 de septiembre de 2017].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300214>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA- SEDE MEDELLÍN.** “Evaluar y Monitorear la Calidad del Aire en el valle de Aburrá”. *Subdirección Ambiental, Arrea Metropolitana del Valle de Aburrá* [en línea], 2012, (Colombia).

[Consulta: 2 de noviembre de 2017].

Disponible en:

<http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/isdocConvenio243/Informe%20BTX%202012%20Definitivo.pdf>

**VEINTIMILLA, Pedro.** Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el cantón cuenca [en línea] (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera Ingeniería de Mecánica Automotriz. Cuenca-Ecuador. 2015.

[Consulta: 26 de julio de 2017].

Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7647/1/UPS-CT004530.pdf>

**VILA Alicia, SEDANO Maximo, LOPEZ Ana.** CORRELACIÓN LINEAL Y ANÁLISIS DE REGRESIÓN. Secretaría de Estado. [En línea] 2001. [Consulta el: 1 de NOVIEMBRE de 2017.]

Disponible en: <https://www.uoc.edu/in3/emath/docs/RegresionLineal.pdf>.

**VILLACRÉS, Fernanda.** Evaluación De La Contaminación Atmosférica De La Ciudad De Ambato Relacionada Con El Material Particulado Sedimentable. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. [En línea] 2015. [Consulta: 6 de enero de 2017.]

Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4855/1/236T0164.pdf>.

**VINUEZA, Pablo.** *Correlación: teoría y práctica.* UNAM. [En línea] 14 de OCTUBRE de 2016. [Consulta: 1 de NOVIEMBRE de 2017.]

Disponible en: [http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8\\_correlacion.pdf](http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.pdf).



**YARELYS, Matín; et al.** “Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno en la atmósfera de Ciudad de La Habana mediante captadores pasivos”. *Revista CENIC Ciencias Químicas* [en línea], 2009, (Cuba) 40(1), pp. 23-25.

[Consulta: 28 de julio de 2017].

Disponible en: <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCQ/sites/default/files/articulos/CQ-2009-1-023025.pdf>