

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas**

“Evaluación de un dispositivo para el muestreo pasivo de nitritos y material particulado presentes en el aire en sectores estratégicos de la ciudad de Guayaquil.”

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Químico**

Presentado por:

Walther Jordan Arroyo Tenorio  
Jorge Ricardo Velásquez Palma

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dedicado especialmente a mis padres, Walter Arroyo y Lina Tenorio por todo el apoyo mostrado a lo largo de este increíble recorrido por la universidad, que hicieron posible lo imposible, y por continuar siendo pilares importantes en mi formación profesional y como humano.

**Walther Arroyo**

Este Proyecto está dedicado a mi madre Elena Palma (+) y a mi abuelo Ricardo Palma (+) que con Dios y la Virgen siempre han estado presentes en cada etapa de mi vida cuidándome en todo momento. A mi segunda madre Elena Veloz mi amada mamiñita quien siempre fue ejemplo de rectitud, transparencia y perseverancia. A mi tercera madre Patricia Palma quien a pesar de las circunstancias y desasosiegos siempre me dio su apoyo incondicional y aliento como un faro en medio del océano. A mi padre ejemplo de honestidad quien nunca ha dejado de confiar en mí. A mi hermano menor Francisco la otra mitad de mi corazón que palpita por justicia y que es ejemplo de la lucha eterna en contra del mal. A mi esposa Andrea y a mis hijos por quienes doy hasta mi último aliento. A mis amigos y demás personas en mi vida que siempre mantuvieron encendida la fe de mi constancia.

**Jorge Velasquez**

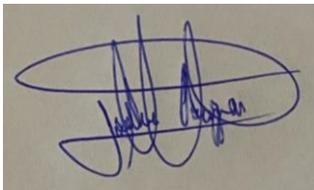
## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por nunca abandonarme durante todo este proceso, por toda la sabiduría y voluntad inquebrantable, que siempre me mantuvieron firme a cumplir este objetivo. Sin duda alguna, agradezco también a mis padres, sin Uds. esto no hubiese posible. A cada uno de mis compañeros, amigos, y profesores que aportaron conocimientos en mi desarrollo como profesional. Gracias a todos quienes hacen de ESPOL un buen lugar para aprender. **Walther Arroyo**

Mi más sincero agradecimiento a Veronica Navarrete por su experiencia y crucial apoyo para el desarrollo de este proyecto. A la ESPOL sin duda la mejor institución educativa del Ecuador. **Jorge Velasquez**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Walther Jordan Arroyo Tenorio* y Jorge Ricardo Velásquez Palma damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Walther Jordan  
Arroyo Tenorio

---

Jorge Ricardo  
Velásquez Palma

## **EVALUADORES**

.....  
**Ing. Nadia Flores, M.Sc.**

PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
**Ing. Luis Domínguez, PhD.**

PROFESOR TUTOR

.....  
**Ing. Gladys Rincón, PhD.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La organización mundial de la salud (OMS), determina que cerca del 80% de la población de América Latina tienen riesgo de sufrir infartos cerebrales y problemas crónicos respiratorio por inhalación del aire debido a los contaminantes que se respiran. Con el fin de aportar con herramientas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los guayaquileños se busca mediante el presente proyecto validar el diseño y uso de muestreadores pasivos de aire para monitorear los contaminantes presentes, tales como material particulado y nitritos. Los equipos fueron evaluados en tres sectores estratégicos de la ciudad de Guayaquil, donde se estima que existe mayor y menor emisiones de gases contaminantes. Las zonas para monitorear son una zona industrial, otra con alto tránsito vehicular y una zona boscosa, esta última usada como referencia. Los muestreadores pasivos permanecieron en el campo por 30 días durante los cuales recolectaron muestras del material particulado presente en el aire producto de las emisiones. La metodología usada en este proyecto se enfocó en tres aspectos importantes que fueron: metodología de la investigación, desarrollo experimental y análisis químicos aplicando las normas ASTM D2216 y ASTM D85402 para determinación de material particulado y contenido de nitritos respectivamente. Los resultados obtenidos validaron el diseño del muestreador pasivo y además a través del análisis gravimétrico y espectrofotométrico realizado a las muestras recolectadas se evidenció que en la zona industrial existe mayor concentración de emisiones con nitritos y material particulado con relación a la zona de alto tránsito vehicular y zona boscosa.

**Palabras clave:** muestreador pasivo, emisiones de nitritos, emisiones de material particulado.

## **ABSTRACT**

*The world health organization (WHO), determines that about 80% of the population of Latin America are at risk of stroke and chronic respiratory problems due to air inhalation related with the pollutants that they breathe. In order to provide tools that contribute to improving the quality of life of Guayaquil residents, this project seeks to validate the design and use of passive air samplers to monitor the pollutants present, such as particulate matter and nitrites. The equipment will be located in strategic sectors of the city of Guayaquil, where it is estimated that there are higher and lower emissions of polluting gases. The areas to be monitored are: industrial, high vehicular traffic and forested, which were chosen applying the criteria of high, medium and low emissions respectively. The passive samplers remained in the field for 30 days during which they collected samples present in the air as a result of the emissions. The methodology used in this project focused on three important aspects that were: research methodology, experimental development and chemical analysis applying the ASTM D2216 and ASTM D85402 standards for the determination of particulate matter and nitrite content respectively. The results obtained validated the design of the passive air sampler and, in addition, through the gravimetric and spectrophotometric analysis carried out on the collected samples, it was evidenced that in the industrial zone there is a higher concentration of emissions with nitrites and particulate material in relation to the high traffic zone and forested.*

*Keywords: sampler, emissions, nitrites, particulate matter.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE Gráficas .....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Justificación del problema .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Marco teórico.....	5
1.4.1 Muestreador Pasivo .....	5
1.4.2 Guías Internacionales de calidad de aire .....	6
1.4.3 Régimen Legal.....	6
1.4.4 Línea Base.....	6
1.4.5 El Nitrito y su impacto en la salud.....	7
CAPÍTULO 2.....	10
2. METODOLOGÍA .....	10

2.1	Metodología de la investigación .....	10
2.1.1	Enfoque metodológico .....	10
2.1.2	Métodos establecidos .....	10
2.1.3	Estudio bibliográfico.....	10
2.1.4	Estudio experimental .....	11
2.2	Desarrollo experimental.....	12
2.2.1	Diseño del Equipo.....	12
2.2.2	Preparación de material - Muestreador pasivo y filtro recolector .....	14
2.2.3	Instalación de equipos - Traslado a campo de filtro y muestreador .....	15
2.2.4	Medición - Tiempo de recolección de muestras.....	18
2.2.5	Retiro de los filtros y traslado a laboratorio .....	18
2.3	Análisis químicos.....	18
2.3.1	Contenido de Material Particulado .....	19
2.3.2	Contenido de Nitritos .....	19
CAPÍTULO 3.....		20
3.	Resultados Y ANÁLISIS .....	20
3.1	Medición de Material Particulado .....	20
3.2	Medición de Nitritos solubles en agua.....	22
3.3	Análisis de Resultados .....	27
CAPÍTULO 4.....		29
4.1	Conclusiones .....	29
4.2	Recomendaciones.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....		31

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FCNM	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
ASTM	American Society for Testing and Materials
OMS	Organización Mundial de la Salud
PUF	Polyurethane Foam
COA	Código Orgánico del Ambiente
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriana
OPS	Organización Panamericana de la Salud
IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
DCQA	Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales
SC	Suma de Cuadrados

## SIMBOLOGÍA

ppm	Partes por millón
g	gramos
°C	Grados Celsius
%	Porcentaje
ml	mililitros
cm	centímetros
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrógeno
SO <sub>x</sub>	Óxidos de Azufre
PM10	Material particulado 10 micrómetros
PM2,5	Materia Particulado 2,5 micrómetros

## ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1 Muestreador pasivo de aire .....	6
Imagen 2 Interior del Muestreador Pasivo .....	13
Imagen 3 Muestreador Pasivo .....	13
Imagen 4 Lavado del PUF .....	15
Imagen 5 Agua tipo 1 para el lavado del PUF .....	15
Imagen 6 Secado en Estufa .....	15
Imagen 7 PUF en desecador .....	15
Imagen 8 Peso de PUF sin Humedad .....	15
Imagen 9 Preparación y preservación del PUF previo al campo .....	15
Imagen 10 Muestreador Pasivo MP2-Z1 .....	17
Imagen 11 Coordenadas zona industrial .....	17
Imagen 12 Muestreador Pasivo MP1-Z2 .....	17
Imagen 13 Coordenadas zona boscosa .....	17
Imagen 14 Muestreador Pasivo MP3-Z3 .....	17
Imagen 15 Coordenada zona de alto tránsito vehicular .....	17

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Inventario de emisiones de la ciudad de Guayaquil .....	7
Tabla 2 Estándar de calidad de agua potable en américa.....	8
Tabla 3 Registro de masas iniciales de discos PUF .....	15
Tabla 4 Peso inicial de los filtros PUF .....	20
Tabla 5 Peso final de los filtros PUF.....	21
Tabla 6 Peso de material particulado .....	22
Tabla 7 Concentración de nitritos – blanco agua tipo 1 .....	23
Tabla 8 Concentración de nitritos método directo .....	24
Tabla 9 Concentración de nitritos – blanco PUF patrón .....	24
Tabla 10 Concentración de nitritos método indirecto.....	26
Tabla 11 Datos recolectados .....	28
Tabla 12 Cuadrado de los datos recolectados .....	28
Tabla 13 Suma de los cuadrados .....	28
Tabla 14 Tabla de distribución de Fisher.....	28
Tabla 15 Resumen de datos estadísticos.....	28

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1 Material Particulado .....	22
Grafica 2 Contenido de nitritos .....	26

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

Uno de los principales problemas que se logran evidenciar en Guayaquil es la contaminación atmosférica originadas por fuentes de industrias de alimentos, acero, asfalto, centrales termoeléctricas, cementeras, puertos marítimos y el alto tráfico vehicular. Esto tiene una directa afectación a la salud de los aproximadamente 3 millones de habitantes de la ciudad de Guayaquil, motor económico e industrial del país. (IDIC, MIMG, 2015)

Actualmente el cabildo del puerto principal posee información relevante como monitoreos de fuentes fijas, estudios de impacto ambiental, informes y auditorías ambientales de cumplimiento, entre otras, que pueden ser usadas en el diseño de estrategias de control y monitoreo de la calidad de las emisiones. Sin embargo, dada a la falta de información sobre la calidad de aire en Guayaquil, el presente trabajo busca establecer un diagnostico que nos permita comparar los niveles de contaminantes atmosféricos en diferentes sectores de la urbe para ser usados por las autoridades locales de la ciudad de Guayaquil. (IDIC, MIMG, 2015)

El material particulado es uno de los contaminantes más comunes en el aire, además de ser un parámetro para evaluar la calidad del aire, es también fácil de medir. Entre los principales compuestos presentes en el material particulado se reporta la presencia de nitritos, sulfatos, amoniaco, cloruros entre otros. La presencia de los óxidos de nitrógeno, contaminantes comunes presentes en el aire generalmente provienen de la quema de combustibles fósiles y no fósiles y afectan directamente a la capa de ozono. (OMS, 2005).

La afectación a la salud por contaminantes atmosféricos es sin duda un grave problema para la población humana. Entre los principales gases presentes que causan daño a los seres vivos se encuentran el material particulado, monóxido de carbono, dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y ozono, conocidos como

contaminantes de criterio. Estos contaminantes se encuentran normalmente en todas las ciudades, ya que son emitidos por todos los procesos de combustión o generado por reacción química en el aire a nivel de troposfera por el efecto de la radiación solar y la presencia de óxidos de nitrógeno (ozono).

La exposición a estos contaminantes podría causar severos daños en las vías respiratoria, tos, dificultad para respirar, enfermedades como bronquitis, asma, neumonía entre otras. En particular, la exposición directa a los nitritos puede causar hipoxia, déficit de oxígeno en la sangre, que podría ocasionar un paro cardíaco. Además, estudios indican que el nitrito al estar presente en alimentos ricos en proteínas puede generar nitrosamina, el cual es un compuesto causante de cáncer intestinal.

La ciudad de Guayaquil posee distintos usos de suelo en una misma área geográfica es decir uso de suelo industrial colindando con uso de suelo residencial lo que dificulta determinar el origen y la afectación de las emisiones. El código orgánico del ambiente establece sanciones para los incumplimientos en los vertidos atmosféricos de fuentes fijas y móviles, cuyos parámetros máximos permisibles depende de la fuente generadora (tipo de proceso y combustible usado en la combustión).(IDIC, MIMG, 2015)

En el ámbito de las competencias administrativas que ejerce la Municipalidad de Guayaquil para la aplicación de procesos administrativos sancionadores, en relación a los monitoreos ambientales se requiere que éstos sean realizados por un laboratorio acreditado ante el SAE en concordancia con la normativa ambiental vigente. Sin embargo, el laboratorio de la FCNM no está acreditado ante el SAE. (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

Los contaminantes presentes en el aire en su gran mayoría son de carácter volátil, este método se enfoca en analizar exclusivamente los que se adhieren a las partículas que son depositadas en el filtro, razón por la cual el análisis total de los contaminantes presentes en el aire resulta incompleto al quedar excluidos los compuestos que no se depositaron en el filtro.(ANSI/ISEA, 1998)

De acuerdo con la actividad industrial e impacto ambiental generado no todas las compañías que poseen fuentes fijas significativas son de competencia de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil como autoridad Ambiental de Aplicación Responsable, lo que merma el campo de acción en la aplicación de procesos administrativos sancionadores.

Los discos de poliuretano o PUF disk (Polyurethane Foam) son comúnmente utilizados en los muestreadores pasivos para el monitoreo en la contaminación del aire. DEn su mayoría los discos PUF se incorporan entre dos cámaras de acero inoxidable, que los protegen de la precipitación, la luz solar ultravioleta y la deposición de otras partículas (Chengkai Qu, 2018).

El diámetro del poro del PUF es desconocido lo que no garantiza que se atrapen todas las partículas con los contaminantes presentes en el ambiente. El PUF al ser de un material combustible no puede ser sometido a los procesos analíticos normados como por ejemplo secado en mufla para la extracción de humedad. La sujeción mecánica del equipo con pernos a los postes requiere de una autorización por parte del ente municipal competente razón por la cual se la realiza a través de correas plásticas lo que aporta con una ligera inestabilidad y susceptibilidad a fuertes corrientes de aire (Chengkai Qu, 2018).

Este proyecto abarca el análisis a tres zonas geográficas en un corto periodo de tiempo, sin embargo, para el universo de industrias de Guayaquil, los bosques y pulmones verdes en la ciudad y las múltiples zonas de tránsito y densidad vehicular se requiere la implementación de un mayor número de equipos para replicar el análisis y esto conlleva la adquisición de bienes y servicios y al ser el cliente una institución pública está sujeta al marco de la contratación pública.

## **1.2 Justificación del problema**

Según la organización mundial de la salud (OMS) y la Organización panamericana de la salud (OPS) consideran que el aire debe ser un requisito básico y fundamental para la salud y bienestar de todos los seres humanos por lo que en el 2016 alrededor de 7 millones de muertes en el mundo, fueron

causadas principalmente por contaminantes presentes en el aire y que el 88% de estas muertes ocurren en países en vías de desarrollo donde los ingresos son bajos y medios. Es por ello que la contaminación del aire es uno de los principales riesgos ambientales para la salud del ser humano dentro del continente americano (OMS, 2005).

Las termoeléctricas, cementeras, puertos marítimos, industria de alimentos, asfalto, acero y un alto tráfico vehicular generan emisiones de estos contaminantes en la ciudad de Guayaquil, que afectan directamente a la salud de las personas. (IDIC, MIMG, 2015)

La exposición permanente a altos niveles de contaminantes presentes en el aire, pueden causar enfermedades cardio respiratorias e incluso cáncer pulmonar que afecta a niños, jóvenes y adultos mayores, por tal razón se desea realizar un estudio en sectores estratégicos de la ciudad de Guayaquil con el objetivo de contribuir con datos idóneos en la implementación en la red de monitoreo de calidad de aire de Guayaquil. (OMS, 2005).

Es por ello que en el presente proyecto se va a evaluar el diseño y uso de un equipo para el monitoreo pasivo de contaminantes en el aire tales como material particulado y nitritos. Estos equipos fueron ubicados en sectores estratégicos de la ciudad de Guayaquil donde se estima que existe mayor y menor afectación por las emisiones al aire. Las zonas a monitorear son industriales, de alto tránsito vehicular y boscosa, las cuales se escogieron aplicando los criterios de alta, mediana y baja tasa de emisiones respectivamente. Los muestreadores pasivos permanecieron en el campo por un periodo de 30 días durante los cuales recolectaron muestras del material particulado presente en el aire.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Recolectar muestras de material particulado mediante un dispositivo pasivo para la determinación de las diferencias de contenido de nitritos proveniente de 3 sectores de la ciudad de Guayaquil durante 30 días.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

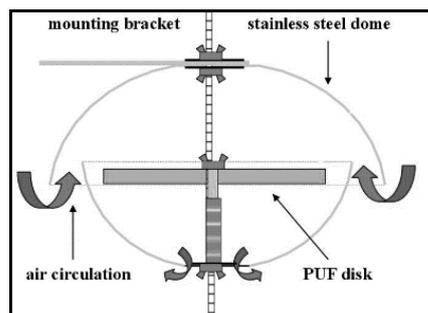
- Diseñar los muestreadores pasivos para la recolección de material particulado
- Recolectar muestras de material particulado en las distintas zonas de la ciudad
- Evaluar la fracción de contenido de nitritos presente en el material particulado mediante un correcto análisis de laboratorio

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Muestreador Pasivo**

Los muestreadores pasivos de aire son equipos diseñados para la recolección de material particulados presentes en el aire mediante un disco absorbente de poliuretano (PUF). Estos dispositivos se usan para el seguimiento de contaminante orgánicos persistentes tales como NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>. El funcionamiento de un muestreador pasivo básicamente consiste en la deposición de todo material particulado presente en el aire, mediante difusión natural a través de la corriente de aire (Tom Harner, 2005).

Para el diseño de este equipo se observan dos platos cónicos achatados de acero inoxidable, uno de 13 cm de diámetro y otro de 11 cm. Los platos se fijan sobre un eje de articulación, que también soporta el disco PUF. Todas las partes de la carcasa del muestreador están hechas de acero inoxidable y en el interior se encuentra el disco de poliuretano, justamente es ahí donde se depositarán todo tipo de material particulado. El diseño de este equipo sirve mucho para realizar un estudio amplio de los niveles de contaminación presentes en el aire a largo plazo. Además de ser un dispositivo útil, costo de fabricación bajo en comparación a otros con un mantenimiento muy sencillo de realizar.



**Imagen 1 Esquema general de un muestreador pasivo de aire**

#### **1.4.2 Guías Internacionales de calidad de aire**

La Organización Mundial de la Salud en su Guía de calidad de aire (OMS 2005) se enfoca en los parámetros material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Se encarga de emitir recomendaciones para precautelar, velar y asegurar una sostenibilidad con el medio ambiente (OMS, 2005).

#### **1.4.3 Régimen Legal**

El código orgánico del ambiente (COA) establece los diferentes objetivos ambientales para garantizar un entorno sano y ecológico con los seres humanos, con el fin de proteger la naturaleza y sus entornos. Además de regular los derechos, deberes y garantías que se encuentran establecidos en la constitución de la república (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

#### **1.4.4 Línea Base**

Actualmente el municipio de Guayaquil dispone de información que sirve como línea base para el desarrollo de este proyecto, donde se encuentran localizadas las principales fuentes de emisión, entre ellas se encuentran industrias, canteras, puertos, gasolinera, vegetación entre otras. Este estudio previo permite localizar de manera rápida las zonas con mayor impacto ambiental. Zonas industriales con calidad de aire que podrían ser afectados por el cambios del clima y geográficos según su ubicación. Además de contar con estudios previos y una amplia bibliografía del impacto ambiental de la ciudad de Guayaquil (IDICT, MIMG, 2015).

	NO <sub>x</sub>		CO		COV		PM <sub>10</sub>	
	t/a	%	t/a	%	t/a	%	t/a	%
Tráfico	22658.2	18.3	201692.2	90.7	22659.5	38.5	1242.9	5.1
Industrias	1136.1	0.9	243.2	0.1	79.1	0.1	39.9	0.2
C. Térmicas	71635.6	58.0	15418.3	6.9	5847.1	9.9	3872.7	15.8
Canteras		0.0		0.0		0.0	406.0	1.7
Gasolineras		0.0		0.0	1240.7	2.1		0.0
Solventes		0.0		0.0	18401.5	31.2		0.0
Puertos	28136.9	22.8	5069.7	2.3		0.0	19011.4	77.4
GLP doméstico	37.0	0.03	5.1	0.002	1.4	0.002	2.4	0.01
Vegetación		0.0		0.0	10692.4	18.1		0.0
<b>Total</b>	<b>123603.8</b>	<b>100.0</b>	<b>222428.5</b>	<b>100.0</b>	<b>58921.7</b>	<b>100.0</b>	<b>24575.3</b>	<b>100.0</b>

**Tabla 1 Inventario De Emisiones De La Ciudad De Guayaquil**

#### 1.4.5 El Nitrito y su impacto en la salud

Los Nitritos y Nitratos son iones que se encuentran presentes en el ciclo natural del Nitrógeno, en el agua se asocian con especies de sodio y especies de potasio generalmente. Es importante recalcar que el nitrito se oxida a nitrato de forma espontánea dado que el nitrato es más estable. De forma antropogénica en su gran mayoría se generan por la combustión incompleta y sin control de carbón mineral, hidrocarburos y aceites naturales, los cuales contribuyen de forma significativa al ser parte del material particulado.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) identifico que en relación al nitrito como tal no existe evidencia suficiente para determinar que es una sustancia carcinógena, sin embargo, la patología se puede desarrollar cuando existen reacciones químicas de los nitritos y otros compuestos (aminas y amidas) dentro del organismo.

Las conclusiones globales de la IARC fueron que “la ingestión de nitrato y nitrito bajo condiciones que resultan en nitrosación endógena es probablemente carcinogénica en seres humanos (EPA, 2006)

Los Nitritos y Nitratos son altamente solubles lo que permite su disociación en el agua que se consume por el ser humano razón por la cual es importante destacar la afectación que estos contaminantes tienen sobre el agua dado que en zonas rurales o en lugares donde el servicio de potabilización de la ciudad de Guayaquil es inexistente podría existir contaminación del agua almacenada por el depósito de las partículas presentes en el aire en los espejos de agua.

Desde 1958 la OMS (Organización Mundial de la Salud) ha publicado periódicamente “Estándares Internacionales de Agua Potable” que luego se llamaron “Guías para la Calidad del Agua Potable” (OMS, 2005).

ESTÁNDARES DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA												
PARAMETRO	UNIDAD	OMS	ARG	BOL	BRA	COL	CRI	CHI	ECU	SLV	GTM	MEX
Año		1995	1994	1997	1990	1998	1997	1984	1992	1997	1998	1994
Origen		Valores guía	Código Alimentario	IBNORCA NB512	Porta-ria 36-GM	DEC 475/98	Dto. 25991-S	NCH 409/1	IEOS	NSO 130701	NGO 29001	NOM-127-SSA1
MICROBIOLÓGICOS												
Coli fecales o <i>E. coli</i>	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0	-	0	2.2	0
Coliformes totales	UFC/100mL	0	3	0	0	1	-	1	1	0	2.2	2
Bact. heterotróficas	UFC/mL	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
QUÍMICOS DE IMPORTANCIA PARA LA SALUD												
INORGÁNICOS												
Antimonio	mg/L	0,005	-	0,005	-	0,005	0,05	-	0,005	0,005	-	-
Arsénico	"	0,01	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01	0,05
Bario	"	0,7	-	0,7	1	0,5	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7
Boro	"	0,3	-	0,3	-	0,3	-	-	0,3	0,3	0,3	-
Cadmio	"	0,003	0,005	0,005	0,005	0,003	0,05	0,01	0,003	0,003	0,003	0,005
Cianuro	"	0,07	0,1	0,07	0,1	0,1	0,05	0,2	0,1	0,05	0,07	0,07
Cobre	"	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1,5	2
Cromo	"	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fluoruro	"	1,5	1,7	1,5	Variable	1,2	1,5	1,5	1,7	1,5	1,7	1,5
Manganeso	"	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,05	0,5	0,15
Mercurio	"	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Molibdeno	"	0,07	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-
Níquel	"	0,02	-	0,05	-	0,02	0,05	-	0,05	0,02	0,02	-
Nitrato	"	50	45	-	10	10	50	10	10	45	45	10
Nitrito	"	3	0,1	0,1	-	0,1	3	1	0,1	1	0,01	1
Plomo	"	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
Selenio	"	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05

Tabla 2 Estándar de Calidad de Agua Potable en América

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA POTABLE								
MICROBIOLÓGICOS								
Contaminante	Unidad	OMS	Argentina	Bolivia	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	0	0	0	0	0	ND
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	3	0	0	1	1	1
INORGÁNICOS								
Arsénico	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05
Cadmio	mg/L	0.003	0.005	0.005	0.005	0.01	0.003	0.003
Cianuro	mg/L	0.07	0.1	0.07	0.1	0.2	0.1	0.1
Cobre	mg/L	2	1	1	1	1	1	1
Cromo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05
Mercurio	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01
Nitrato	mg/L	50	45	ND	10	10	10	10
Nitrito	mg/L	3	0.1	0.1	ND	1	0.1	0.1
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01
Selenio	mg/L	0.01	ND	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

**Tabla 1.3 Principales Contaminantes del Agua Potable**

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Metodología de la investigación

#### 2.1.1 Enfoque metodológico

En este proyecto investigativo se basa en la metodología experimental cualitativa y cuantitativa, con el fin de validar un método que identifique contaminantes perjudiciales presentes en el aire para la salud humana.

#### 2.1.2 Métodos establecidos

A continuación, se describen los pasos a seguir en la metodología:

#### 2.1.3 Estudio bibliográfico

Se realizó un acercamiento con la autoridad ambiental competente de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil y se llegó a la conclusión de actualmente la ciudad no cuenta con regulaciones ni estudios previos realizados en relación a la medición de contaminantes que afecten a la salud presentes en el material particulado principalmente los Nitritos. Para la medición de estos contaminantes existen varios equipos tales como muestreadores activos y pasivo.

Se seleccionó el método pasivo entre otras variables por el factor económico, replicabilidad y además que cuenta con retroalimentación positiva de países europeos. Finalmente se determinó mediante análisis de laboratorio que el equipo seleccionado es idóneo para determinar los contaminantes y de esta forma dar más herramientas a la autoridad competente para que ejerza el control ambiental en la ciudad de Guayaquil.

#### 2.1.4 Estudio experimental

Una vez realizado el análisis de la información disponible se propone el siguiente desarrollo. El Diagrama 2.1, describe paso a paso el método seleccionado:

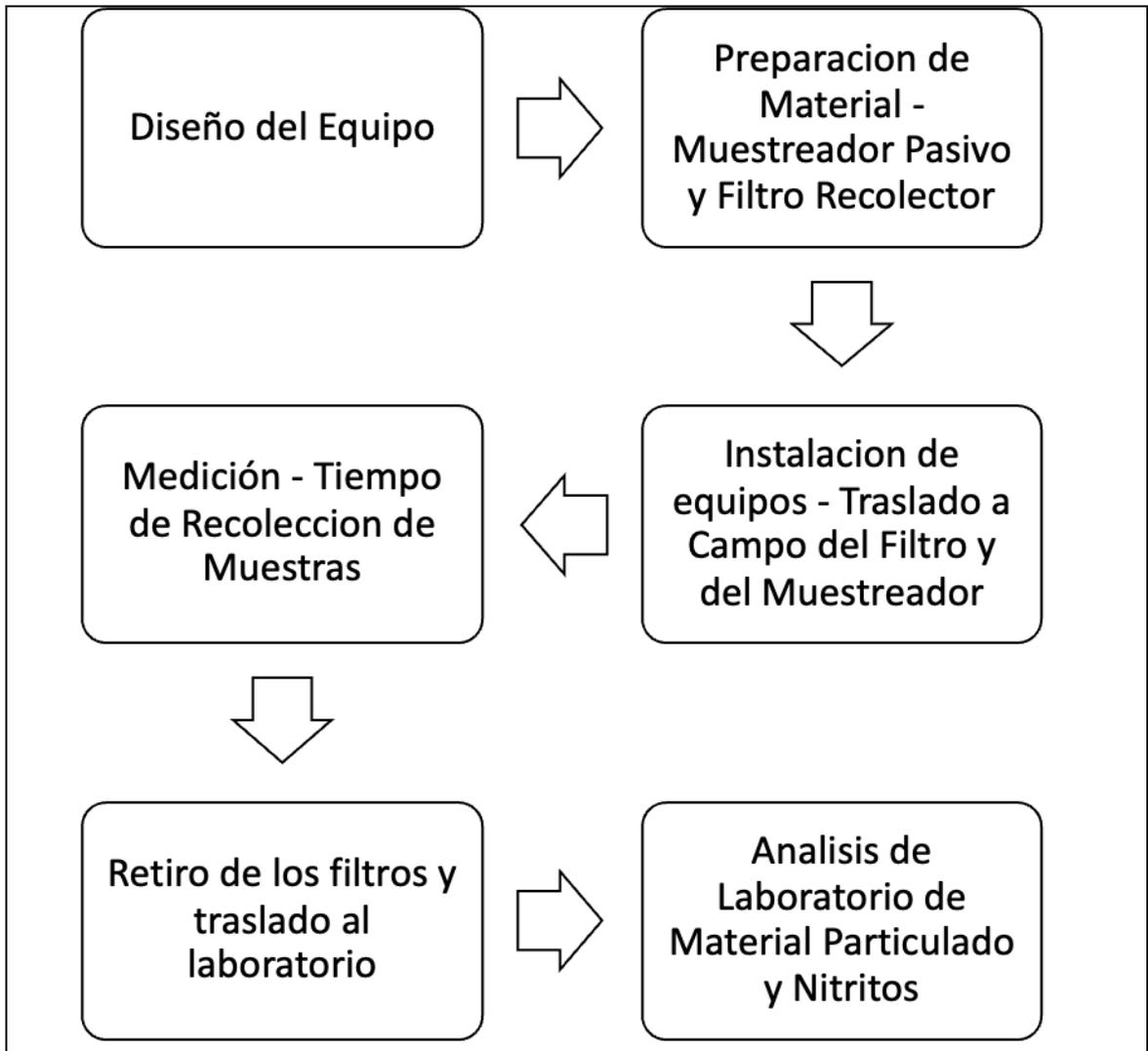


Diagrama 2.1 Metodología

Para la validación de los equipos o dispositivos a utilizar para la recolección de material particulado y nitritos presentes en el aire se identificó que existen muestreadores activos y pasivos. Para el desarrollo de este proyecto se eligió el muestreador pasivo debido a su gran volumen en la recolección de datos en un periodo de tiempo largo y como otra ventaja es que el costo de la

fabricación del equipo es atractivo a las condiciones de mercado actual. El muestreador activo posee una desventaja sustancial en cuanto a la recolección de datos en virtud del tiempo, siendo esta de carácter puntual lo que no es favorable para este proyecto dado que se busca observar datos en un periodo de tiempo mayor y en términos monetarios es representativo su validación de la misma forma que su reproducibilidad del análisis. Existe abundante bibliografía y estudios previos que validan el diseño del equipo, es importante recalcar que para seleccionar la altura de ubicación del equipo se la hace de un promedio de 2 metros simulando la altura de un ser humano.

## **2.2 Desarrollo experimental**

### **2.2.1 Diseño del Equipo**

Con base a la bibliografía obtenida y estudios previos realizados para el diseño de este muestreador pasivo nos enfocaremos en la parte externa del dispositivo el cual consta de dos platos cónicos truncados que se encuentran unidos a través de una varilla de metal y este a su vez a un soporte que permite fijarlo a la altura establecida. El Diámetro de estos discos son 13cm y 11cm superior e inferior respectivamente, la diferencia de estos diámetros se debe a que debe de existir un espacio entre los mismos que permita la circulación libre del flujo de aire. En el interior del equipo se colocan dispositivos de sujeción que permiten asegurar el disco PUF. Precisamente en el disco se deberán depositar las partículas que ingresan por el dispositivo a través del flujo de aire. El material del disco PUF permite que se mantenga un ambiente libre de humedad dentro del dispositivo, es inerte, resistente a la corrosión, impermeable y además durable.

En la Imagen 2 se detalla el interior del equipo donde se pueden apreciar la estructura interna de sujeción del PUF. En la imagen 3 se muestra el diseño completo del equipo incluido en su interior el disco PUF.



**Imagen 2 Interior del Muestreador Pasivo**



**Imagen 3 Muestreador Pasivo**

### 2.2.2 Preparación de material - Muestreador pasivo y filtro recolector

Para la preparación de los distintos filtros que se utilizaron en campo, se procedió a realizar los siguientes pasos de manera ordenada como se lo detalla más adelante:

- Se recortaron los diferentes filtros de PUF de acuerdo al diámetro interior del equipo, lugar en donde posteriormente se depositarán las muestras de aire.
- Verificar que el diámetro del PUF sea exactamente el diámetro interno del equipo muestreador pasivo.
- Registro de la humedad presente en el laboratorio. Humedad de 39%
- Lavar los filtros con agua tipo 1 extra pura para eliminar todo tipo de impurezas presentes en los filtros.
- Luego se procedió al secado de los filtros en la estufa durante un tiempo de aproximadamente 4 horas a temperatura de 40°C.
- Una vez realizado el proceso de secado en la estufa, se trasladaron los filtros al desecador con la sílica gel activada por un tiempo de 10-15 minutos para luego registrar sus masas.
- Se registraron los diferentes pesos como masas iniciales; m1, como se evidencia en la tabla 3
- Luego de registrar sus masas como m1, tomar los filtros y guardarlos en papel aluminio con el objetivo de preservarlos de la incidencia de la radiación atmosférica, seguido de una funda hermética ziploc para prevenir la contaminación hasta su implementación en el muestreo.

Numero de Disco PUF	Masa Inicial (g) - M1
1	2,4284
2	2,3731
3	2,3465
4	2,3911
5	2,4802
6	2,4128
7	2,3216
Blanco	2,3969

### **Tabla 3 Registro de masas iniciales de discos PUF**

#### **2.2.3 Instalación de equipos - Traslado a campo de filtro y muestreador**

La instalación de los distintos equipos a campo se realizó de manera ordenada y siguiendo el protocolo de seguridad para montaje de los filtros en el interior de los muestreadores pasivos. Como se mencionó en el capítulo 1, la ubicación de todos los equipos se realizó en 3 sectores estratégicos; zona boscosa, zona industrial y zona de alto tránsito vehicular con incidencia de actividades mineras.

Primero se colocó la estructura de fijación a una altura de 2 metros acorde a lo metodología descrita y de esta manera dejar que exista una libre circulación de flujo de aire en el interior del mismo. Previo instalar los medidores pasivos de aire, se retiró el ziploc y el papel aluminio de los discos PUF y de inmediato se procedió a ubicar los mismos en el interior del muestreador pasivo. Fue necesario el uso de guantes para realizar este paso, ya que no se podía tener contacto directo con los filtros, para prevenir cualquier tipo de contaminación ajena al muestreo.



Imagen 4 Lavado del PUF



Imagen 5 Agua tipo 1 para el lavado del PUF



Imagen 6 Secado en Estufa



Imagen 7 PUF en desecador



Imagen 8 Peso de PUF sin Humedad



Imagen 9 Preparación y preservación del PUF previo al campo



Imagen 10 Muestreador Pasivo MP2-Z1



Imagen 11 Coordenadas zona industrial



Imagen 12 Muestreador Pasivo MP1-Z2

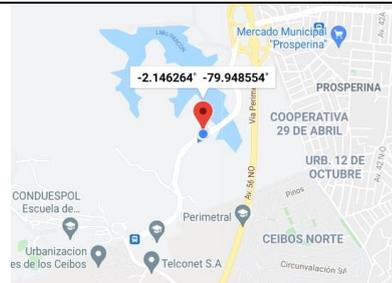


Imagen 13 Coordenadas zona boscosa



Imagen 14 Muestreador Pasivo MP3-Z3



Imagen 15 Coordenada zona de alto tránsito vehicular

#### **2.2.4 Medición - Tiempo de recolección de muestras**

Para la medición y recolección de material particulado y nitritos presentes en el aire de cada equipo, se dejaron los filtros por un periodo 30 días en los lugares mencionados anteriormente. Estos filtros fueron monitoreados a través del sistema de cámaras de seguridad de la alcaldía de Guayaquil para verificar su estado físico y estar atento a posibles hurtos o violación.

#### **2.2.5 Retiro de los filtros y traslado a laboratorio**

Para el retiro y traslado de los discos PUF se procedió a realizar los siguientes pasos para evitar que la muestras fuera contaminada.

- Retirar los respectivos filtros PUF con guantes y colocarlos nuevamente en el papel aluminio usado anteriormente para evitar reacciones no deseadas por incidencia de la radiación al material recolectado, seguido de una funda hermética ziploc y evitar la contaminación.
- Verificar que la funda se encuentre hermética antes del traslado a laboratorio.
- Una vez que arriben los filtros al laboratorio colocarlos inmediatamente en el desecador con la sílica gel activada, dentro del papel aluminio.
- Registrar la humedad presente en el laboratorio

### **2.3 Análisis químicos**

Una vez terminado el proceso de recolección de los filtros PUF, estos fueron llevados al laboratorio de Aguas del DCQA de ESPOL para proceder a realizar los diferentes análisis para la determinación de contenidos de nitritos y material particulados presentes en las muestras.

Se realizó análisis gravimétrico para determinación del contenido de material particulado y para la evaluación del contenido de nitritos se realizó a través de espectrofotometría.

Para la determinación del material particulado y nitritos presentes en las distintas muestras de aire recolectadas se implementaron los siguientes métodos que se detallan más adelante en la tabla 2.1

PARÁMETRO	MÉTODO	EQUIPOS
Material particulado	ASTM D2216	Estufa memert standard 20°C a 200°C Balanza Analítica sartorius +- 0.0001 g
Contenido de nitritos	ASTM D85402	Espectrofotómetro DR3900 320 - 1100 nm

Tabla 2.1 Métodos utilizados para la determinación de Material particulado y Nitritos

### 2.3.1 Contenido de Material Particulado

El contenido de humedad se determinó en el Laboratorio de Aguas, mediante el método gravimétrico. Pesando la Muestra una vez recibida del campo(M2) y posterior a ser desecada a través de la absorción de la humedad con la silica gel activada (M3). Se registró el peso de la humedad como  $M2-M3=MH$

El contenido del material particulado se determina por las partículas atrapadas en el filtro libre de humedad aplicando el método gravimétrico ASTM D2216. La cantidad de Material Particulado recolectado en el PUF es la diferencia entre la masa inicial M1 y la masa libre de humedad M3.

### 2.3.2 Contenido de Nitritos

El contenido de nitritos se determina por los nitritos solubles presentes en las partículas atrapadas en el filtro libre de humedad aplicando el método por espectrofotometría ASTM D85402.

Se prepara un blanco con agua tipo 1, después se lavan los filtros con 20 ml de agua tipo 1 y el sobrenadante se recolecta y se filtra para evitar interferencias por partículas gruesas. Finalmente se coloca la muestra en el equipo y registramos los resultados.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

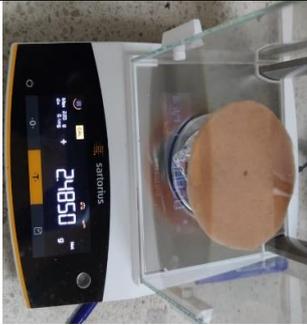
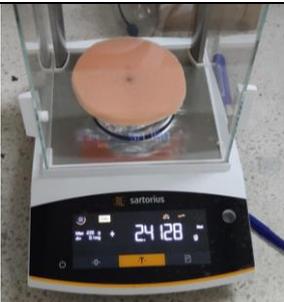
### 3.1 Medición de Material Particulado

Los valores obtenidos de los pesos iniciales de los filtros PUF de las 3 zonas estratégicas identificadas previamente se detallan en la Tabla 4

Zonas	Peso Inicial (g)
1. Industrial	 2.3216
2. Alto tránsito vehicular	 2.3465
3. Boscosa	 2.3731

Tabla 4 Peso Inicial de los filtros PUF

Los valores obtenidos de los pesos finales de los filtros PUF de las 3 zonas estratégicas identificadas previamente se detallan en la Tabla 5

Zonas	Peso Final (g)	
1. Industrial		2.4850
2. Alto tránsito vehicular		2.4318
3. Boscosa		2.4128

**Tabla 5 Peso final de los filtros PUF**

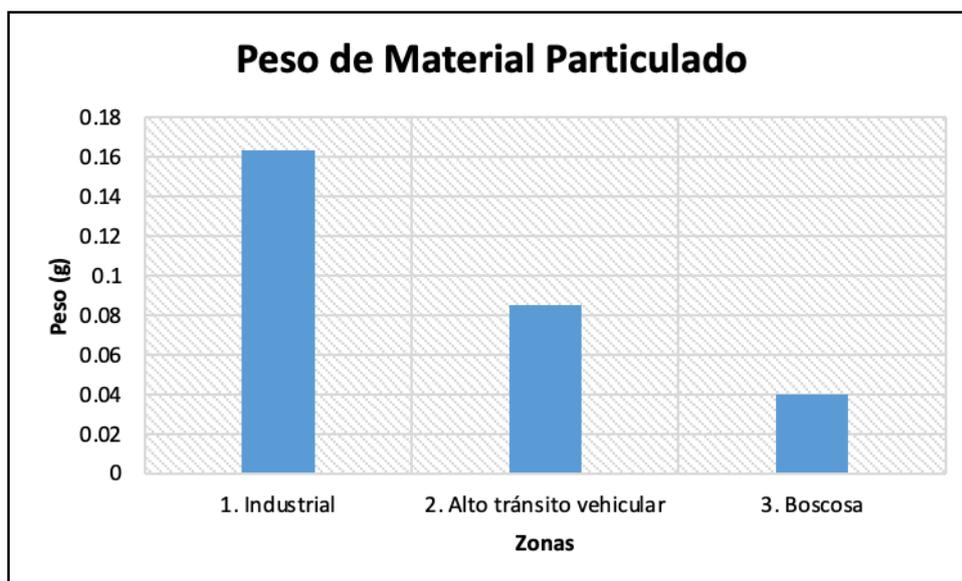
Los valores obtenidos del peso del material particulado depositado en los filtros PUF de las 3 zonas estratégicas identificadas previamente se detallan en la Tabla 6

ZONA	Peso Inicial (g.)	Peso Final (g)	Peso de M.P. (g)
1. Industrial	2.3216	2.4850	0.1634
2. Alto tránsito vehicular	2.3465	2.4318	0.0853

3. Boscosa	2.3731	2.4128	0.0397
------------	--------	--------	--------

**Tabla 6 Peso de material particulado**

Siguiendo lo establecido en la norma ASTM D2216 se llevó a cabo el proceso para la determinación del material particulado donde previamente los filtros PUF se calentaron en la estufa para eliminar el contenido de humedad para registrar sus pesos. En la zona-1, industrial se obtuvo un peso de material particulado de 0.1643g, en la zona-2, de alto tránsito vehicular se obtuvo un peso de material particulado de 0.0853g y en la zona-3, boscosa se obtuvo un peso de material particulado de 0.0397g tal como se detalla en el Gráfico 1



**Grafica 1 Material Particulado**

### 3.2 Medición de Nitritos solubles en agua

Utilizando como blanco agua tipo 1, los valores obtenidos de Nitritos ( $NO_2^-$ ) mediante el método espectrofotométrico que se depositaron en los filtros PUF de las 3 zonas estratégicas identificadas previamente se detallan en la Tabla 7 y Tabla 8

ZONA	Nitritos (ppm.)		
	Blanco	Medición	Valor Final

1. Industrial	0	0.021	0.021
2. Alto tránsito vehicular 1		0.011	0.011
2. Alto tránsito vehicular 2		0.013	0.013
3. Boscosa		0.010	0.010

**Tabla 7 Concentración de nitritos – blanco agua tipo 1**

Zonas	Concentración de Nitritos (ppm)	
Blanco agua tipo 1		0.000
1. Industrial		0.021
2. Alto tránsito vehicular 1		0.011

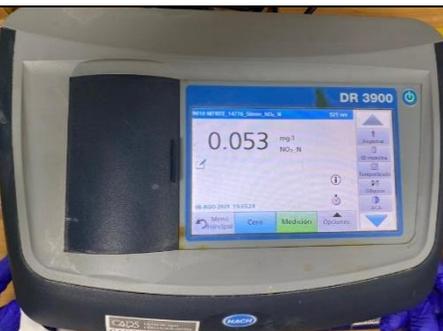
2. Alto tránsito vehicular 2		0.013
3. Boscosa		0.010

**Tabla 8 Concentración de nitritos método directo**

Utilizando como blanco filtro PUF patrón, los valores obtenidos de Nitritos ( $NO_2^-$ ) mediante el método espectrofotométrico que se depositaron en los filtros PUF de las 3 zonas estratégicas identificadas previamente se detallan en la Tabla 7

ZONA	Nitritos (ppm.)		
	Blanco	Medición	Valor Final
1. Industrial	0.042	0.065	0.023
2. Alto tránsito vehicular 1		0.057	0.015
2. Alto tránsito vehicular 2		0.055	0.013
3. Boscosa		0.053	0.011

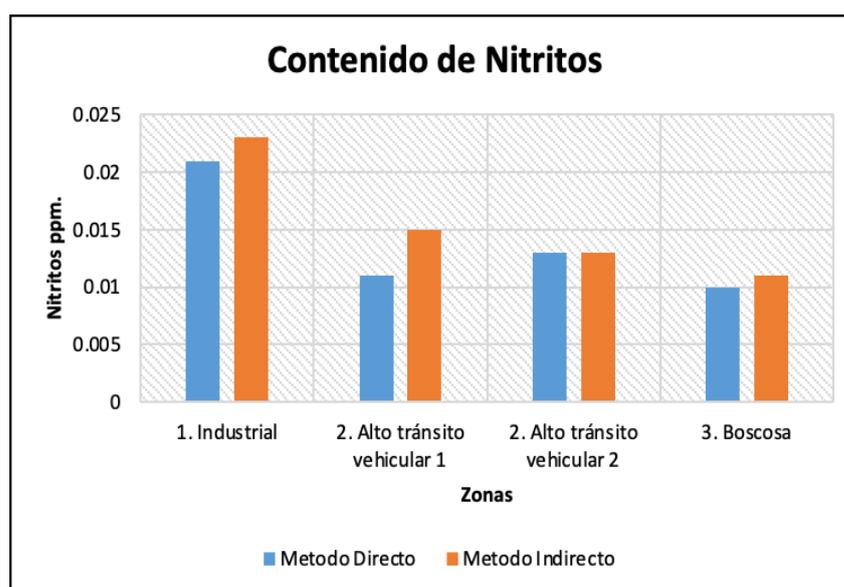
**Tabla 9 Concentración de nitritos – blanco PUF patrón**

Zonas	Concentración de Nitritos (ppm)	
Blanco filtro patron		0.042
1. Industrial		0.065
2. Alto tránsito vehicular 1		0.057
2. Alto tránsito vehicular 2		0.055
3. Boscosa		0.053

**Tabla 10 Concentración de nitritos método indirecto**

A través de la norma ASTM D85402 mediante el uso del espectrofotómetro se determinó el contenido de nitritos presentes en las diferentes muestras. En la zona-1 (industrial) se obtuvo un contenido de nitritos de 0.021 ppm, en la zona-2, de alto tránsito vehicular 1 se obtuvo un contenido de nitritos de 0.011 ppm, en la zona-2, de alto tránsito vehicular 2 se obtuvo un contenido de nitritos de 0.013 ppm y en la zona-3, boscosa se obtuvo un contenido de nitritos de 0.010 ppm aplicando el método directo que consiste en utilizar como blanco agua tipo 1, como se detalla en la Gráfica 3.2.1.

De la misma forma haciendo uso de la norma ASTM D85402, y a fin de eliminar la influencia por una posible presencia de nitritos en el PUF, se aplicó el método indirecto el cual consistió en utilizar como blanco un PUF patrón para de forma analítica a través de las diferencias entre el PUF patrón y las muestras individuales se determinó el contenido de nitritos. En la zona-1, industrial se obtuvo un contenido de nitritos de 0.023 ppm, en la zona-2, de alto tránsito vehicular 1 se obtuvo un contenido de nitritos de 0.015 ppm, en la zona-2, de alto tránsito vehicular 2 se obtuvo un contenido de nitritos de 0.013 ppm y en la zona-3, boscosa se obtuvo un contenido de nitritos de 0.011 ppm. como se detalla en la Gráfica 2.



**Grafica 2 Contenido de Nitritos**

### 3.3 Análisis de Resultados

A partir de la hipótesis planteada en el capítulo 1 para la validación del diseño del muestreador pasivo de aire se ejecutó el objetivo general el equipo dado que se recolectó material particulado en las 3 zonas estratégicas de la ciudad de Guayaquil durante un periodo de 30 días.

En la zona-1, industrial se demostró que existe un mayor depósito de partículas presentes en el aire que se recolectaron en los filtros PUF, esto es debido a la gran existencia de compañías que dentro de sus procesos productivo incorporan el uso de equipos de combustión (calderas, generadores eléctricos, proceso de cocción, etc.) los cuales aportan con cantidades significativas de emisiones.

En la zona-2, de alto tránsito vehicular en comparación con la zona-1, industrial se puede asegurar que la concentración de partículas que se encuentran presentes en el aire disminuye, se puede atribuir este fenómeno a la variación existente del tránsito vehicular (diurno y nocturno) en comparación con las industrias que trabajan en periodos continuos y con emisiones constantes y más significativas. El origen de estas emisiones en su gran mayoría corresponde a la combustión incompleta de las fuentes móviles del parque automotor.

En la zona-3, boscosa de la ESPOLE se define como una zona optima dada la naturaleza prístina que la rodea y la poca incidencia de industrias y tránsito vehicular (fuentes fijas y móviles) razón por la cual será denominada referencia para definir unas condiciones adecuadas en relación a la salud del ser humano.

En el grafico 2 se evidencia que en la zona-2 de alto tránsito vehicular se tuvo aproximadamente el doble más de depósito de partículas que en la zona-1 y en la zona-3 industrial aproximadamente 4 veces más de captación de material particulado.

La organización mundial de la salud establece condiciones propicias para el desarrollo sostenible de las actividades antropogénicas, con el fin de precautelar la salud de los seres humanos se definió que a altas concentraciones de material particulado se genera una afectación directa a la salud en relación a las

enfermedades cardio respiratorias, en ese sentido en la zona-1 industrial se observó que existe mayor presencia de material particulado definiendo esta zona como de mayor impacto hacia los ciudadanos de Guayaquil en comparación con la zona-2 de alto tránsito vehicular y zona-3 boscosa (zona de referencia). Los resultados en relación al material particulado enuncian claramente que existe una mayor contaminación en la zona-1 escogida por su alta actividad industrial.

Cabe recalcar que los compuestos de nitrógeno forman parte del conglomerado de especies presentes en el material particulado. Al igual que el material particulado se observa que en la zona-1 existe una concentración de nitritos presente en el aire mayor que en la zona-2 y la zona-3. En la zona-2 se observó una ligera variación con respecto a la zona-3 sin embargo prevalece una concentración mayor en la zona-2 como se observa en el Grafico 2.

Esto se debe a que los compuestos de óxido de nitrógeno se oxidan en la atmosfera dando lugar entre otras especies a ácido nítrico (lluvia acida) y nitratos. Estos compuestos se derivan principalmente de la combustión incompleta y la eficiencia de las fuentes generadoras (fuentes fijas y fuentes móviles). Es por ello que la ciudad de Guayaquil se define como el epicentro de la actividad industrial del Ecuador razón por la cual se focaliza la producción de los mismos en este sector, en relación al parque automotor se puede decir que existe un mejor control de las emisiones con respecto a los Nitritos. Lo concentración de nitritos encontrados en la zona-3 no corresponde a las actividades derivadas de la quema de combustibles fósiles sino a la degradación de la materia orgánica.

.....

# CAPÍTULO 4

## 4.1 CONCLUSIONES

Mediante el uso de muestreadores pasivos de aire ubicados en la zona-1 Industrial, zona-2 Alto tránsito vehicular y Zona-3 Boscosa por un periodo de 30 días se recolectó muestras de emisiones, las mismas que fueron llevadas al laboratorio donde se cuantificó el material particulado y la concentración de nitritos. Se logró validar el diseño de los muestreadores pasivos mediante la recolección de material particulado y nitritos en las 3 zonas por un periodo de 30 días en la ciudad de Guayaquil.

En relación a la salud del ser humano se pudo constatar que de acuerdo a los lineamientos en relación con el objetivo del proyecto existe una mayor afectación a la salud del ser humano en la zona-3 más que en la zona-2 y en consecuencia se podría concluir que dado las condiciones de muestreo el equipo es funcional para la recolección de muestra y determinación del material particulado.

El análisis de los resultados del muestreador pasivo estableció un mejor criterio al momento de la toma de decisiones a fin de que la autoridad ambiental competente el municipio de Guayaquil realice una investigación más extensa y pueda escoger el lugar idóneo para ubicar los monitores municipales de aire ambiente y de esta forma contribuir con la protección de la ciudadanía al momento de ejercer mejores controles sobre los entes como fuentes fijas y móviles.

## 4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que se realice un estudio más profundo para determinar el punto de saturación del disco PUF respecto a su ubicación geográfica dada la actividad y la generación de emisiones con el fin de que los equipos tengan un espectro mayor, dada el tiempo más prolongado en la exposición y recolección de muestras de conformidad con estándares internacionales. También se recomienda incorporar el análisis de otras especies de interés presentes en el material particulado, como óxidos de carbono y óxidos de azufre.

Se sugiere con el fin de evitar la afectación en los resultados que los muestreadores pasivos reciban una especial observación por parte de las fuerzas del orden municipales durante la fase de recolección de muestras dado que al ser de un material valioso y la altura de ubicación del mismo permite que sea blanco de actos vandálicos y hurtos.

Con la finalidad de obtener una mejor visión de la afectación de las emisiones hacia el medio ambiente se recomienda aumentar el número de réplicas por zona de estudio deseada para un análisis estadístico robusto de la recopilación de los datos obtenidos en campo.

Con los datos obtenidos en el presente proyecto se recomienda que se incorpore a la planificación estratégica en la toma de decisiones para la implementación de muestreadores de emisiones para la calidad del aire a ser ubicados en la ciudad de Guayaquil para contribuir con el control y monitoreo de estos contaminantes nocivos que afectan de forma directa a la salud y el ambiente.

# BIBLIOGRAFÍA

- Presidencia de la República del Ecuador (2017). CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE Ecuador.
- IDIC, MIMG, Diseño de una red de monitoreo de la calidad del aire que permita al gobierno autónomo descentralizado municipal de guayaquil, definir los sectores con mayor concentración de gases de combustión en el aire ambiente de guayaquil, con la finalidad de implementar y ejecutar el programa de monitoreo para la prevención y control de la contaminación del aire, 2015.
- Organización Mundial de la Salud (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Suiza
- Grosse, D. AND J. McKernan. Passive Samplers for Investigations of Air Quality: Method Description, Implementation, and Comparison to Alternative Sampling Methods. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-14/434, 2014
- ASTM (American Society for Testing and Materials).2011a. D2216
- ASTM (American Society for Testing and Materials).2011a. D85402
- Allen, M.K., D. Grande, and L. Pansch. 2007. Evaluation of passive sampling techniques for monitoring roadway and neighborhood exposures to benzene and other mobile source VOCs. Wisconsin Department of Natural Resources (WDNR) Publication AM-384 2007
- ANSI/ISEA (American National Standards Institute Inc./International Safety Equipment Association). 1998. Air Sampling Devices—Diffusive Types for Gases and Vapors in Working Environments. ANSI/ISEA 104-1998 (R2009)
- CalEPA (California Environmental Protection Agency). 2012. Advisory—Active Soil Gas Investigation. Department of Toxic Substances Control, Cypress, CA
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1989. Method IP4-A Determination of Air Exchange Rate in Indoor Air. Chapter IP-4 in Compendium of Methods for Indoor Air
- Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado. (ATEPA) “Libro Blanco del Poliuretano Proyectado“. Versión 2.0 Origen y obtención, 2009. 6 p
- Resúmenes de Salud Pública - Nitrato y Nitrito (Nitrate/Nitrite). Accedido el 2 de mayo, 2021, desde [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs204.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.html)
- Where Are Nitrates and Nitrites Found. Accedido el 2 de mayo, 2021, desde [https://www.atsdr.cdc.gov/csem/nitrate-nitrite/where\\_are.html](https://www.atsdr.cdc.gov/csem/nitrate-nitrite/where_are.html)

- What Are U.S. Standards and Regulations for Nitrates and Nitrites Exposure. Accedido el 2 de mayo de 2021, desde <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/nitrate-nitrite/standards.html>
- Yinghong Wang, Guiqian Tang, Different roles of nitrate and sulfate in air pollution episodes in the North China Plain. 2020.
- Chengkai Qu, Angela L. Doherty, Chapter 20 - Polyurethane Foam-Based Passive Air Samplers in Monitoring Persistent Organic Pollutants: Theory and Application. 2018.