

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRACIONES
DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y VOLÁTIL EN EL
BARRIO LOS PINOS CANTÓN RIOBAMBA POR INCIDENCIA
INDUSTRIAL”**

Autor(es): - Ortiz Moreano Erika Paulina
- Tigsi Jiménez Víctor Alfonso

Tutor: MsC. GUIDO PATRICIO SANTILLÁN LIMA
Riobamba – Ecuador

Año 2020

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título:
“DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y VOLÁTIL EN EL BARRIO LOS PINOS CANTÓN RIOBAMBA POR INCIDENCIA INDUSTRIAL”.

Presentado por: Erika Paulina Ortiz Moreano y Víctor Alfonso Tigsi Jiménez, dirigido por: el Ing. Patricio Santillán.

Una vez escuchado la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cuál se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para la constancia de lo expuesto firman:

Ing. Patricio Santillán MsC.

Tutor del Proyecto de Investigación



Firma

Ing. Víctor García PhD.

Miembro del Tribunal



Firma

Ing. Silvia Torres PhD.

Miembro del Tribunal



Firma

Dra. Anita Mejía

Presidenta del Tribunal



Firma

DECLARACIÓN EXPRESADA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del grado de **INGENIERO AMBIENTAL**. Con el tema: **“DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y VOLÁTIL EN EL BARRIO LOS PINOS CANTÓN RIOBAMBA POR INCIDENCIA INDUSTRIAL”**, ha sido elaborado por **ORTIZ MOREANO ERIKA PAULINA Y TIGSI JIMENEZ VICTOR ALFONSO**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informarle en honor a la verdad.



.....
MsC. Patricio Santillán
C.I. 060278077-7

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, Ortiz Moreano Erika Paulina, con la cédula de identidad No.060393348-2 y Tigsí Jiménez Víctor Alfonso, con cédula de identidad No. 030250100-2; hacemos constar que somos autores del presente trabajo de investigación , titulado: **“DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y VOLÁTIL EN EL BARRIO LOS PINOS CANTÓN RIOBAMBA POR INCIDENCIA INDUSTRIAL”**, el cual constituye una elaboración, dirigida por el Tutor del Proyecto, MsC. Guido Patricio Santillán Lima.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de la Conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado debidamente en el texto del documento.



Erika Paulina Ortiz Moreano
C.I. 060393348-2



Víctor Alfonso Tigsí Jiménez
C.I. 030250100-2

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios al poder haber realizado este tema de investigación permitiéndome llegar a esta fase de vida donde pudo brindarme conocimiento y sabiduría para poder realizarla.

También este mayor logro se lo debo a mi mami Emma Sofia Moreano Bejarano ella siempre confió en que lo iba a lograr dándome sus hermosas palabras de apoyo, fortaleza y amor incondicional que una madre da a sus hijos.

Por último, gracias a todos mis amigos y amigas que siempre nos dieron ese jalón de orejas con esa pequeña ayuda cuando más la necesitamos como lo son Katherine Yomaira, Andrea Cristina y Víctor Alfonso.

Erika Paulina Ortiz Moreano

Agradezco a mi familia, especialmente a mi madre Zoila Jiménez, por ser un ejemplo de esfuerzo y lucha diaria para sacar a sus hijos adelante, por sus enseñanzas y consejos que han formado la base para llegar al punto en el que me encuentro. A mis hermanos Sandra y Edwin que supieron darme la fuerza para seguir adelante.

Gracias de corazón, a mi tutor, el ingeniero Patricio Santillán, por su paciencia, dedicación, motivación y apoyo para hacer posible el desarrollo de esta investigación. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

A mi amiga y compañera de tesis Erika, por todo el tiempo, ingresamos al mismo tiempo a esta carrera y a pesar de todos los obstáculos en el camino, hoy podemos decir que también la culminamos al mismo tiempo... ¡Ya somos ingenieros!

Víctor Alfonso Tigsí Jiménez

También se agradece a los diferentes docentes por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, para seguir adelante día a día, y al laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo y al PhD. Víctor García por ayudarnos en los análisis de material particulado sedimentable de nuestro estudio y por su valioso aporte para nuestra investigación.

DEDICATORIA

En primer lugar, esta investigación se la dedico con todo el amor, a mi motor de vida, mi amor chiquito, mi caballerito hermoso, pero sobre todo mi compañerito porque en cada paso lo damos juntos, si él no me diera las energías necesarias no me inspirara cada día, esto es para ti mi bebe Leonel Emiliano Toscano Ortiz por ser quien me inspira cada segundo de mi vida.

Mi señora mamita Emma usted quien me dio cada abrazo, cada palabra y sobre todo ese aliento de fuerza confiando en mi hasta el último segundo para que esta investigación se la realice se la dedico con todo el amor que le tengo a usted.

A mis hermanos Fede y Jess que me dieron un buen ejemplo a seguir donde siempre debemos pensar en superarnos cada día, por nosotros y para nosotros cueste lo que nos cueste sin nunca rendirnos y decir no podemos los quiero demasiado.

Finalmente, no puedo olvidarme de usted en la confianza que me brindo creyendo en mí, llamándome siempre con mente positiva y abrazándome a la distancia donde más que mi confidente estuvo como mi mejor amigo escuchándome cada segundo gracias W. Q.

Erika Paulina Ortiz Moreano

Mi tesis la dedico especialmente a mis seres queridos, quienes son el pilar fundamental para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicar este trabajo a mi querida madre Zoila Jiménez, que con mucho sacrificio, esfuerzo, esmero y trabajo duro lograste darme todo el apoyo que necesitaba para hoy cumplir una de mis metas.

A mi hermana Sandra que siempre creíste en mí, a pesar de todos mis errores y fracasos siempre me apoyaste para seguir adelante y nunca decaer, gracias a ti hoy puedo decir que logre cumplir este sueño.

Y sin dejar atrás a mi hermano y toda mi familia que siempre han estado hay apoyándome de una u otra forma. Gracias por ser parte de mi vida.

Víctor Alfonso Tigsí Jiménez

SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS

COV: Compuestos Orgánicos Volátiles

MP: Material Particulado

MPS: Material Particulado Sedimentable

MPV: Material Particulado Volátil

MP 2.5: Material Particulado de 2,5 μm

MP 10: Material Particulado de 10 μm

SIG: Sistemas de Información Geográfica

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

ICCA: Índice Centroamericano de Calidad del Aire

MO: Microscopio Óptico

MEB: Microscopio Electrónico de Barrido

NECA: Norma de Calidad del Aire Ambiente

OMS: Organización Mundial de la Salud

PAS: Polvos Atmosféricos Sedimentables

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

LMP: Límite Máximo Permisible

μm : micrómetro, micrón o micra

$\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$: miligramos/ centímetro cuadrado/ mes

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramos/ metro cubico

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL	i
DECLARACIÓN EXPRESADA DE TUTORÍA.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	vi
RESUMEN	xi
ABSTRAC	xii
INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	14
1.2. JUSTIFICACIÓN:.....	15
1.3. OBJETIVOS:	16
1.3.1. Objetivo General:.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos:	16
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Contaminación Atmosférica:	17
2.2. Tipos de contaminación atmosférica:.....	17
2.2.1. Gaseosos:	17
2.2.2. Sólidos en suspensión:	17
2.3. Fuentes de contaminación atmosférica:	18
2.4. Calidad del aire en el Ecuador:	18
2.5. Material Particulado:	19
2.5.2. Clasificación del Material Particulado:.....	20
2.5.3. Fuentes de generación de Material Particulado:	22
2.6. Efectos del material particulado:.....	23
2.6.1. Efectos sobre la salud:	23
2.6.2. Efectos sobre el ambiente:	24
2.7. Índice de la Calidad del Aire:.....	24
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	26
3. Tipo de estudio:	26
3.1. Área de estudio:.....	26
3.2. Ubicación e implantación de los equipos de medición para material particulado sedimentable:	27
3.3. Material particulado volátil:	28

3.4.	Material particulado sedimentable:	28
3.5.	Caracterización físico-química con microscopio electrónico de barrido:	29
3.6.	Procedimiento para el análisis e interpretación de resultados:	29
3.7.	Modelación de la dispersión de la concentración de material particulado:	30
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		31
4.1.	Concentración y análisis descriptivo del Material Particulado Sedimentable:	32
4.2.	Concentración y análisis descriptivo del Material Particulado Volátil:	35
4.2.1.	Análisis global de la concentración de Material Particulado Volátil 2.5 del barrio los Pinos en comparación con la OMS y el TULSMA.	35
4.2.2.	Análisis global de la concentración de MPV ₁₀ del barrio los Pinos en comparación con la OMS y el TULSMA.	37
4.3.	Análisis Morfológico y Químico del Material Particulado Sedimentable.	39
4.4.	Simulación de la distribución de la concentración de Material Particulado. ...	48
CONCLUSIONES:		52
RECOMENDACIONES:		53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		54
ANEXOS:		56
	Anexo 1: Análisis en el Laboratorio.	56
	Anexo 2. Recopilación de Datos.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fuentes de generación de Material Particulado	22
Figura 2: Área de estudio delimitada, barrio los Pinos.....	27
Figura 3: Ubicación de los puntos para el monitoreo de MPS Y MPV.	31
Figura 4: Comparación de valores de MPS con los LMP establecidos por la OMS y TULSMA.....	35
Figura 5: Comparación de la concentración de MP _{2.5} con la LMP de la OMS y el TULSMA.....	37
Figura 6: Comparación de la concentración de MP _{10.00} con la LMP de la OMS y el TULSMA.....	39
Figura 7: Micrografía, muestra 1.....	40
Figura 8: Análisis químico elemental, muestra 1.....	40
Figura 9: Micrografía, muestra 2.....	41
Figura 10: Análisis químico elemental, muestra 2.....	41
Figura 11: Micrografía, muestra 3.....	42
Figura 12: Análisis químico elemental, muestra 3.....	42
Figura 13: Micrografía, muestra 4.....	43
Figura 14: Análisis químico elemental, muestra 4.....	43
Figura 15: Micrografía, muestra 5.....	44
Figura 16: Análisis químico elemental, muestra 5.....	44
Figura 17: Micrografía, muestra 6.....	45
Figura 18: Análisis químico elemental, muestra 6.....	45
Figura 19: Micrografía, muestra 7.....	46
Figura 20: Análisis químico elemental, muestra 7.....	46
Figura 21: Simulación de la concentración de MPS (mg/cm ² /mes).....	49
Figura 22: Simulación de la concentración de MPV _{2.5} (µg/m ³).....	50
Figura 23: Simulación de la concentración de MPV ₁₀ (µg/m ³).....	51

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Caracterización de las fracciones del MP presente en el aire troposférico.	21
Tabla 2: Valores para el Índice de Calidad del Aire.	25
Tabla 3: Concentración de MPS en cada punto de monitoreo.....	32
Tabla 4: Valores utilizados para la obtención de datos de PAS.	32
Tabla 5: Estándares establecidos por la Legislación Ecuatoriana TULSMA.	33
Tabla 6: Estándares establecidos por la OMS.	33
Tabla 7: Comparación de valores de PAS con el LMP establecidos por la OMS y el TULSMA.	34
Tabla 8: Comparación de la concentración de MPV _{2.5} con los LMP de la OMS y TULSMA.	36
Tabla 9: Comparación de la concentración de MPV _{10.00} con los LMP de la OMS y TULSMA.	38
Tabla 10: Composición química de todos los puntos de monitoreo.	48

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el material particulado sedimentable y volátil en el Barrio los Pinos de la parroquia Juan de Velasco perteneciente a la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo por incidencia industrial, para ello inicialmente ,se estableció 7 puntos de muestreo estratégicos donde se utilizó el equipo de la Universidad Nacional de Chimborazo DustTrack™ II en tres horarios diferentes, registrando datos cada 2 minutos en cada punto de monitoreo; para determinar el MPV_{2.5} y MPV₁₀, y el material particulado sedimentable se utilizó el método pasivo que consiste en colocar cajas Petri en los 7 puntos de monitoreo en el periodo de “1 de Julio a 1 de Agosto del 2019”.

Los resultados obtenidos muestran concentraciones máximas de 55.96 y 58.43 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), y concentraciones mínimas de 52.76 y 53.92 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de MPV_{2.5} y MPV₁₀ respectivamente, dichos valores no cumplen con los límites mínimos permisibles establecidos en la normativa de la “OMS” ya que se encuentra en un valor de 25 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sin embargo en la normativa establecida del Ecuador “TULSMA” si cumple con los límites mínimos permisibles, encontrándose en un valor de 65 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

El análisis morfológico y químico de los 7 puntos de monitoreo dan como resultado una concentración máxima de 9.4 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$), las partículas observadas presentan formas (irregulares, planas y laminares), con tamaños menores a 2 micras y una composición química de (Oxígeno, Silicio y Aluminio), estos elementos son los principales componentes de las partículas de las arcillas que son fuente de contaminación atmosférica en la zona de estudio.

Palabras Clave: DustTrack™ II, material particulado volátil, material particulado sedimentable, material particulado 2.5, material particulado 10, OMS, TULSMA.


ABSTRAC

This research aims to determine the sedimentable and volatile particulate material in "Los Pinos" neighborhood at Juan de Velasco parish, Chimborazo province for industrial incidence. To do this, there are 7 strategic sampling points where it was used the National University of Chimborazo DustTrack-TM II team at three different schedules, recording data every 2 minutes at each monitoring point. To determine the MPV2.5 and MPV10, and the sedimentable particulate material was used in the passive method which consists on placing the Petri boxes at the 7 monitoring points in the period from "July 1st to August 1st in 2019".

The results generated show maximum concentrations of 55.96 and 58.43 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) and minimum concentrations of 52.76 and 53.92 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) of MPV2.5 and MPV10 respectively, these values do not comply with the minimum permissible limits established in the regulations of the "WHO", that has a value of 25 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$), however in the established regulations of Ecuador "TULSMA" in accordance with the minimum limits allowed, being a value of 65 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$).

The morphological and chemical analysis of the 7 monitoring points results in maximum concentration of 9.4 ($\text{mg} / \text{cm}^2 / \text{month}$), the observed particles have shapes (irregular, flat and laminar), with dimensions smaller than 2 microns and a chemical composition of (Oxygen, silicon and aluminum). These elements are the main components of clay particles that are source of air contamination in the study area.

Keywords: DustTrack-TM II, volatile particulate material, sedimentable particulate material, 2.5 particulate material, 10 particulate material, WHO, TULSMA.

Reviewed by 
Enrique Guambo Yerovi
Linguistic Competence Teacher.



INTRODUCCIÓN

La contaminación de la atmósfera es uno de los principales problemas ambientales que se ha ido agravando con el paso de los años en las diferentes zonas urbanas del mundo, tanto en los países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo, por un alto volumen y diversificación de la producción industrial, un flujo intenso de vehículos automotores y el crecimiento urbanístico desordenado.

En el Ecuador, la contaminación del aire tiene sus causas en las deficiencias de algunos aspectos relacionados con la planificación territorial de los asentamientos humanos, las industrias, la utilización de tecnologías obsoletas en las actividades productivas y de transporte, mala calidad de los combustibles, que genera la emanación de material particulado a la atmósfera (Mejía, 2018).

Las características principales del material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías y las partículas resultantes de procesos productivos. La presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, animales, materiales y al hombre, entre ellos, la disminución de la visibilidad, causada por la absorción y dispersión de la luz (Suárez, 2011).

Esta problemática se encuentra presente en el barrio “Los Pinos” de la ciudad de Riobamba, donde ha aumentado su población considerablemente, extendiéndose cada año en su zona urbana, debido a la ubicación de la industria en dicho sector que está provocando material particulado en varios procesos, a esto sumado el flujo vehicular, la dirección y velocidad del viento en el sector, representan una amenaza para las personas.

Por tal motivo, en este estudio queremos determinar las concentraciones de material particulado volátil (MPV) y material particulado sedimentable (MPS), generado por la industria, y sus principales afectaciones a la salud de las personas que viven aledañas a esta actividad. La determinación del material particulado volátil (MPV), se realizó con el equipo DustTrak II, y a su vez se analizó de forma cualitativa las partículas sedimentables en el Microscopio Óptico (MO) y Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). La información se recopila de las estaciones de monitoreo del sector.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La contaminación atmosférica es la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implica riesgos, daños o molestias graves para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Marcano, 2009 - 2019).

En los últimos años, se ha presentado una elevada emisión de contaminantes a la atmósfera como consecuencia del aumento en la densidad de población y el progreso de la industria, este último muy ligado a la combustión en procesos industriales en general y de vehículos automotores (Ruiz, 2010).

Según la OMS (2018). La contaminación del aire representa un importante riesgo para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo (OMS, 2018).

Las Directrices sobre la Calidad del Aire de la OMS (2018). ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como de los niveles de contaminación perjudiciales para la salud. En 2016, el 91% de la población vivía en lugares donde no se respetaban las Directrices de la OMS sobre la calidad del aire (OMS, 2018).

Ante todo esto en el barrio los Pinos de la ciudad de Riobamba, muchos de los moradores del sector, tienen un grado de afectación por la presencia de la industria cercana, la misma que presenta un grado de emanación de material particulado, influyendo también el congestionamiento vehicular en las horas pico (6:30 a 8:30 y 12:00 a 15:00), por la existencia de instituciones educativas en el sector, generando malestar y descontento en la población por tal motivo se planteó el presente estudio, para determinar las concentraciones de material particulado volátil (MPV) y material particulado sedimentable (MPS), provenientes de la industria, identificando si los

valores se encuentran dentro de los límites permisibles según las Normativas Internacional “OMS” y Ecuatoriana “TULSMA”.

1.2. JUSTIFICACIÓN:

La contaminación atmosférica es muy importante porque afecta el medio ambiente ya que es la presencia en el aire de materias o formas de energía que implican riesgo o daño grave para las personas.

El aire es de vital importancia para la vida y con el paso de los años se ha visto cada vez más afectado por los contaminantes atmosféricos más relevantes los cuales son material particulado con un diámetro de 10 micras o menos, que pueden llegar a los pulmones e inducir reacciones de la superficie y las células de defensa. La mayoría de estos contaminantes son el producto de las actividades industriales (OMS, 2018).

Las partículas que genera la industria cercana al barrio “Los Pinos” de la ciudad de Riobamba, según sus moradores por ser una zona netamente urbana, provoca una contaminación atmosférica grave, no solo ocasiona molestias respiratorias, sino también visuales, considerándose para la OMS como un agente que a mediano y largo plazo genera enfermedades mortales en los seres humanos.

Siendo de vital importancia investigar y dar a conocer la calidad de aire que existe en este sector mediante la aplicación de un estudio donde se pueda cuantificar los datos de concentración de material particulado, así como su morfología y composición química durante un periodo de 30 días, en tres horarios (07h30, 12h30 y 16h00), con lo cual se determine si la industria presente en el sector afecta o no directamente la calidad de aire de la zona de estudio.

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1. Objetivo General:

- ✓ Determinación de material particulado sedimentable y volátil en el Barrio los Pinos cantón Riobamba por incidencia industrial.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- ✓ Establecer puntos de monitoreo de material particulado sedimentable y volátil en el Barrio los Pinos durante un mes, julio- agosto de 2019.
- ✓ Cuantificar la concentración del material particulado sedimentable y material particulado volátil en el Barrio los Pinos del catón Riobamba.
- ✓ Caracterización morfológica del material particulado del Barrio los Pinos del cantón Riobamba.
- ✓ Simular la dispersión del material particulado del Barrio los Pinos del cantón Riobamba.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Contaminación Atmosférica:

La contaminación atmosférica refiere a la presencia, en las distintas capas de aire que componen la atmósfera terrestre, de sustancias y formas de energía ajenas a su constitución natural y que pueden representar una fuente de riesgos, daños y molestias para la vida tal y como la conocemos (Rafino, 2019).

Así como el agua o la tierra, el aire que compone la atmósfera también mantiene un balance químico y energético necesario para sostener las condiciones que hacen posible la vida, y cuya alteración repercute en otros ciclos importantes, como el del agua. La presencia de sustancias gaseosas o sólidas en el aire que modifica este balance, pudiendo tener consecuencias locales, regionales o incluso a escala global, como es el efecto invernadero (Rafino, 2019).

2.2. Tipos de contaminación atmosférica:

La contaminación de la atmósfera se da principalmente por la presencia de dos formas de contaminantes: los gaseosos y los sólidos en suspensión.

2.2.1. Gaseosos: Se trata de sustancias simples o complejas en diversas concentraciones, que son liberadas a la atmósfera como vapores y gases livianos, como los liberados durante la combustión de materia orgánica fósil (gasolina, carbón, petróleo). Estos gases permanecen en la atmósfera y allí protagonizan reacciones químicas imprevisibles y descontroladas, dando origen a gases tóxicos, lluvias ácidas y otros fenómenos. Algunos ejemplos de estos gases son el monóxido de carbono, el Clorofluorocarbonos, los óxidos de nitrógeno (Rafino, 2019).

2.2.2. Sólidos en suspensión: Se trata de materiales sólidos poco afectados por la gravedad, que pueden permanecer en el aire, deteriorando su calidad y pudiendo ser respiradas junto con el aire. A veces son lo suficientemente oscuras y grandes como para verlas, en forma de humo. Ejemplos de ello son las cenizas volcánicas y los aerosoles (Rafino, 2019).

Otra forma de clasificación de estas sustancias contaminantes de la atmósfera sería en:

- 1) **Naturales:** aquellas provenientes de accidentes y efectos ambientales en los que no interviene el hombre, como volcanes o meteoritos.
- 2) **Artificiales:** aquellos derivados de la acción directa o indirecta del ser humano (Rafino, 2019).

2.3. Fuentes de contaminación atmosférica:

Las principales fuentes de contaminación atmosférica se encuentran en fuentes móviles como automóviles y las estacionarias como las columnas de humo que son causas importantes de contaminación. Los gases de escape de los vehículos automotores, las emisiones de las fábricas que son fuentes fijas o estacionarias. La contaminación del aire en los hogares, proviene principalmente de las estufas y cocinas que usan gas licuado de petróleo, que provoca la emanación de gases y partículas en suspensión (OMS, 2018).

2.4. Calidad del aire en el Ecuador:

En el país se cuenta con pocas investigaciones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas, la percepción ciudadana está dirigida exclusivamente a los impactos que genera la contaminación sobre la salud, esto repercute en la escasa valoración de los impactos que la contaminación atmosférica, los efectos de la contaminación atmosférica sobre la economía del Ecuador no han sido establecidos por la falta de un conocimiento de la calidad del aire en el país (Ambiente m. d., 2010).

La Norma de Calidad del Aire Ambiente (NECA), publicada como parte constituyente del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Libro VI De la Calidad Ambiental, Anexo 4), emitida a través del Registro Oficial Suplemento 2 de 31 de marzo de 2003, última modificación 14 de agosto de 2012, es una norma técnica de aplicación obligatoria, para evaluar el estado de la contaminación atmosférica. Su objetivo principal es preservar la salud de las personas, la calidad del aire, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general, para lo cual ha determinado límites máximos permisibles de contaminantes en el aire, así como los métodos y procedimientos que permitan su determinación y cuantificación en aire (Díaz, 2016).

Los contaminantes considerados por la norma como contaminante común son: partículas sedimentables, material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones (MP_{10}) y menor a 2,5 micrones ($MP_{2.5}$) (Ambiente s. d., 2017).

Norma de calidad de aire según el “TULSMA”. La normativa ambiental vigente en el Ecuador es el TULSMA, emitida a través del Registro Oficial Suplemento 2, del 31 de marzo de 2003, última modificación 29 de marzo de 2017, el cual establece los límites máximos permisibles (LMP) presentes en la atmosfera para diversos contaminantes durante un tiempo determinado (Mae, 2017).

2.5. Material Particulado:

Es una mezcla de partículas sólidas y líquidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico (EPA, 2017).

El aire contiene partículas de diferente tamaño y composición química, estas partículas generalmente se dividen en rangos de tamaño que van desde el material sedimentable (partículas $> 30 \mu g$) y partículas suspendidas que generalmente se dividen en MP_{10} y $MP_{2.5}$, que son partículas más pequeñas que 10 y 2.5 micrómetros de diámetro respectivamente (Díaz, 2016).

El MP_{10} está formado en su mayor parte de partículas de polvo fino de ciudad, material proveniente de fuentes de emisión y material de desgaste de frenos y neumáticos, depositado al filo de calzadas. Las partículas $MP_{2.5}$ representan, en promedio, alrededor de la mitad de MP_{10} . Este está formado por material de desgaste y principalmente por material proveniente de fuentes de combustión, constituye el contaminante más crítico por su impacto en la salud (Ambiente s. d., 2017).

2.5.1. La contaminación por partículas incluye:

- ✓ **MP_{10} :** partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores.

- ✓ **MP_{2,5}**: partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2,5 micrómetros y menores.

2.5.2. Clasificación del Material Particulado:

Se clasifica con relación a su proceso de formación y el diámetro de partícula presente en la atmósfera (Andino, 2017).

2.5.2.1. Clasificación de partículas según su formación:

Dentro del proceso de formación, los contaminantes pueden ser clasificados como primarios y secundarios, en donde los primarios se emiten directamente de procesos como: el humo de los tubos de escape de vehículos a motor, la erupción de un volcán o el dióxido de azufre de una fábrica en su proceso de producción; por otro lado, los contaminantes secundarios no se trata de una emisión directa como el caso anterior, sino más bien que, se forman a partir de reacciones químicas de los contaminantes primarios en condiciones atmosféricas iniciales presentes el aire (Istas, 2012).

En la Tabla 1, se presenta un resumen de la formación del MP tanto fino como grueso en la atmósfera, las reacciones químicas que dan origen, su composición, solubilidad, fuentes emisoras de los mismos, vida media en la atmósfera y la distancia de viaje.

Tabla 1: Caracterización de las fracciones del MP presente en el aire troposférico.

	Particulado Fino	Particulado Grueso
Se forma a partir de:	Gases	Sólidos grandes, gotas.
Se forma a través de:	Reacciones químicas o vaporización. Nucleación, condensación sobre núcleos, y coagulación. Evaporación de gotitas de neblina y nubes en que se han disuelto.	Disrupción mecánica (aplastamiento, molienda, abrasión de superficies, etc.). Evaporación de sprays. Suspensión de polvos.
Están compuestas de:	Sulfato, nitrato, amonio, carbono elemental. Compuestos orgánicos como HAPS. Metales como plomo, cadmio, vanadio, níquel, cobre, zinc, manganeso, hierro.	Polvo re-suspendido del suelo y las calles. Ceniza del carbón y petróleo. Óxidos de elementos de la corteza (sílice, aluminio, titanio y hierro). Sal, carbonato de calcio, polen, esporas de hongos, moho. Fragmentos de plantas y animales. Detritus del desgaste de los neumáticos.
Solubilidad:	Predominante solubles, higroscópico y delicuescente.	Predominante insolubles y no higroscópico.
Fuentes:	Combustión del carbón, petróleo, gasolina, diésel o madera. Procesos a altas temperaturas como fundiciones y siderúrgicas.	Re-suspensión del polvo industrial y del suelo en carreteras y calles. Suspensión del suelo en minería, caminos no pavimentados. Fuentes biológicas. Construcción y demolición. Spray oceánico. Combustión de carbón y petróleo.
Vida media en la atmósfera:	Días a semanas	Minutos a Horas
Distancia de viaje:	100 a 1000 km	1 a 10 km

Fuente: Lillo, 2015

2.5.3. Fuentes de generación de Material Particulado:

Estas partículas vienen en muchos tamaños y formas, y pueden estar conformadas por cientos de diferentes químicos. Algunas se emiten directamente desde una fuente, como obras en construcción, caminos sin asfaltar, campos, chimeneas o incendios (EPA, 2017).

La mayoría de las partículas se forman en la atmósfera como resultado de reacciones químicas complejas, como el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, que son contaminantes emitidos por centrales eléctricas, industrias y automóviles (EPA, 2017).

En la Figura 1, se esquematiza las principales fuentes de MP y algunos ejemplos de los tipos de partículas según la fuente generadora. Esta diversidad de fuentes da como resultado un MP que presenta variaciones en tamaño, geometría, composición química y concentración másica (López, 2016).

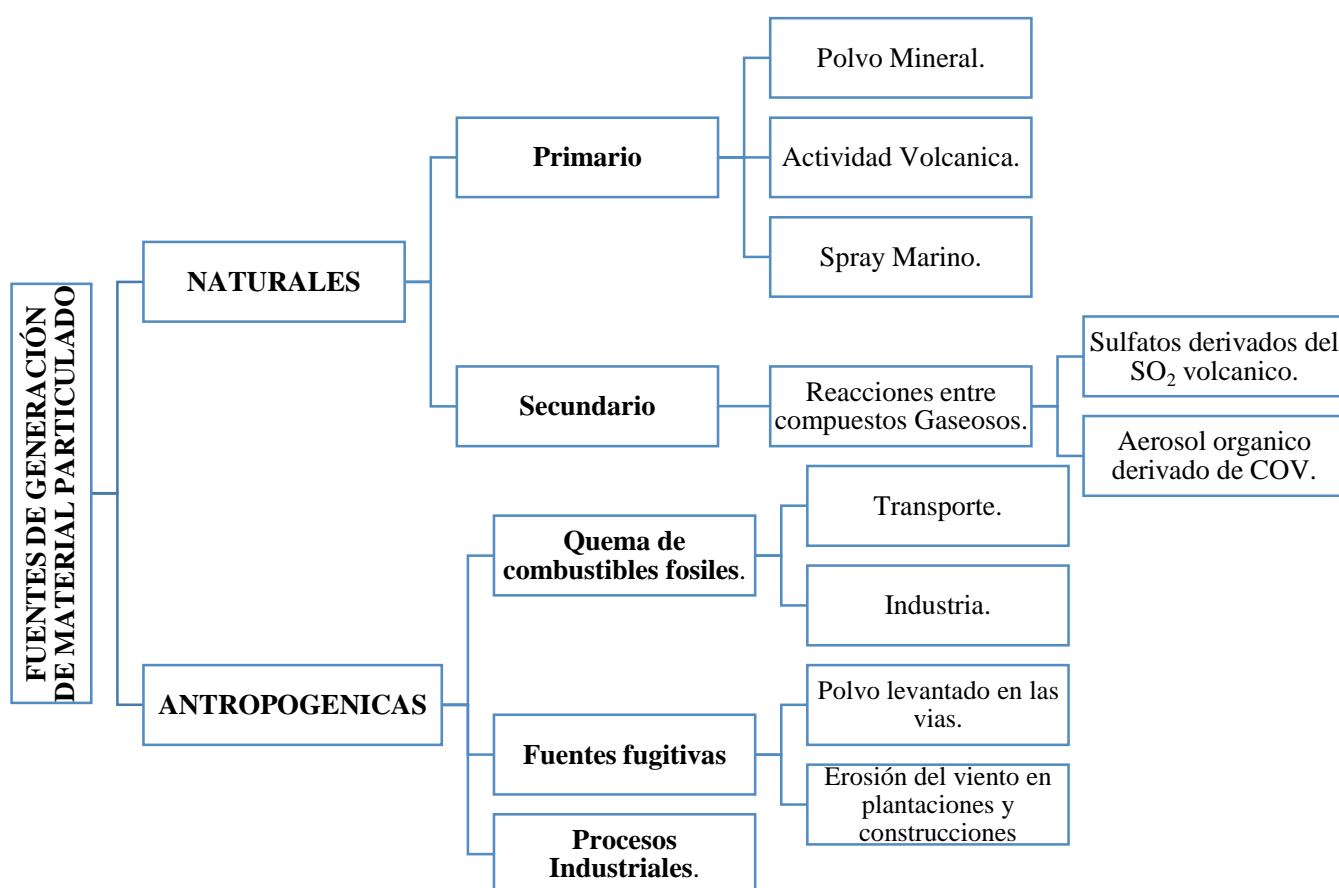


Figura 1: Fuentes de generación de Material Particulado

Fuente: López, 2016

2.6. Efectos del material particulado:

El material particulado puede ejercer una influencia muy variada debido a que puede viajar a largas distancias en la atmósfera y provocar impactos sobre la salud y el ambiente.

2.6.1. Efectos sobre la salud:

Al respirar inhalamos cualquier partícula que se encuentre en el aire. Las partículas pasan un primer filtro en nariz, faringe y laringe, desde donde pueden ser expulsadas al toser, estornudar, con la saliva o por vía esofágica. Si no se expulsan, las partículas más gruesas MP_{10} suelen quedar retenidas en los tramos altos del sistema respiratorio (tráquea y bronquios) mientras que las $MP_{2,5}$ penetran hasta zonas más profundas, pudiendo alcanzar los bronquiolos y quedar depositadas en los pulmones. Las $MP_{0,1}$ ultrafinas, alcanzan los alveolos, lugar donde se realiza el intercambio de gases, pudiendo pasar al torrente sanguíneo, por lo que podrían causar efectos más severos para la salud (Salud, 2016).

La exposición a niveles elevados de partículas puede causar:

- 1) Irritación de las vías respiratorias y de los pulmones, con riesgo de aparición de bronquitis, mayor susceptibilidad a infecciones respiratorias y reagudización de sintomatología en pacientes con enfermedades crónicas respiratorias (asmáticos y alérgicos).
- 2) Asimismo, puede generar respuestas inflamatorias en el sistema circulatorio, con cambios en la viscosidad de la sangre y de la presión arterial con restricción del suministro de oxígeno a los tejidos, agravando la sintomatología de enfermedades cardiovasculares y pudiendo provocar arritmias, infarto agudo de miocardio y accidentes cerebrovasculares.
- 3) La exposición crónica a material particulado ha mostrado un aumento de la incidencia de cáncer. De hecho, las partículas en suspensión han sido clasificadas como cancerígenos.
- 4) Distintos estudios científicos sugieren que la exposición a altos niveles de partículas también puede asociarse con bajo peso al nacer y partos prematuros,

por lo que las embarazadas son un colectivo de especial protección ante estos episodios.

- 5) De forma global, estos contaminantes pueden incidir en la reducción de la esperanza de vida en la población expuesta.

2.6.2. Efectos sobre el ambiente:

Deterioro en la visibilidad: Las partículas finas (MP_{2,5}) son la causa principal de visibilidad reducida (bruma) en partes de los Estados Unidos, incluidos muchos de los preciados parques nacionales y áreas silvestres.

Daño ambiental: El viento puede transportar las partículas a través de largas distancias y luego, estas pueden instalarse en el suelo o el agua. Según la composición química, los efectos de esta sedimentación pueden provocar:

- ✓ Que los lagos y arroyos se vuelvan ácidos.
- ✓ Cambio en el balance nutricional de las aguas costeras y de las grandes cuencas fluviales.
- ✓ Reducción de los nutrientes del suelo.
- ✓ Daño en los bosques sensibles y cultivos agrícolas.
- ✓ Efectos perjudiciales sobre la diversidad de ecosistemas.

Daño sobre materiales: El MP puede manchar y dañar la piedra y otros materiales, incluidos los objetos importantes a nivel cultural, como estatuas y monumentos (Unidos, 2017).

2.7. Índice de la Calidad del Aire:

Indica el grado de pureza o contaminación atmosférica y los cambios de la salud que podrían preocupar. El índice de calidad del aire gira en torno a los efectos en la salud que el ser humano puede sufrir en unas cuantas horas o días tras respirar aire contaminado.

Para interpretar la información, los resultados se presentan utilizando el Índice de Calidad del Aire en material particulado, con períodos de exposición a corto plazo, obteniendo información adicional referida al riesgo de afectación a la salud por la contaminación atmosférica. Los valores son adoptados de la Propuesta de Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA) de la Comisión Centroamericana de

Ambiente y Desarrollo en la Guía para Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas (Naturales, s.f.).

El ICCA se divide en 6 categorías de interpretación de la calidad del aire (Buena, Moderada, Dañina a la salud de los grupos sensibles, Dañina a la salud, Muy dañina a la salud y Peligroso), establecido en cada categoría, un rango de concentración de contaminantes para cada parámetro y las indicaciones a la salud, asociada a las acciones de prevención con la exposición al contaminante (Naturales, s.f.).

Tabla 2: Valores para el Índice de Calidad del Aire.

ICCA	Calidad del aire Material particulado	Contaminante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Indicaciones para su salud
		2.5	10	
0 - 50	Buena	0 – 15.3	0 - 54	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
51 - 100	Moderada	15.5 – 40.2	56 - 154	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
101 - 150	Dañina a la Salud de los Grupos Sensibles.	40.5 – 65.4	155 - 254	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongaciones al aire libre.
151 - 200	Dañina a la Salud	66 - 159	255 - 354	La gente con enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar el esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
201 - 300	Muy dañina a la Salud	160 - 250	355 - 424	La gente con enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar el esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
301 - 500	Peligroso	251 - 500	424 - 604	Todos deben evitar el esfuerzo al aire libre; gente con la enfermedad respiratoria tal como asma debe permanecer dentro.

Fuente: Naturales, s.f.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3. Tipo de estudio:

- **Transversal:** ya que el tipo de investigación que se realizó se dio en un periodo de tiempo establecido
- **Experimental:** debido a que es una investigación cuantitativa donde se realiza muestreos, monitoreo y análisis de laboratorio, con el fin de determinar los niveles de concentración de material sedimentable y volátil que existe en el barrio “Los Pinos”.
- **De Campo:** ya que realiza recorridos por los diferentes puntos de monitoreo instalados en el barrio “Los Pinos” donde se recopilará datos y muestra para realizar la investigación.
- **Exploratorio:** porque mediante esta investigación se dará a conocer la concentración de material particulado sedimentable como también de material particulado volátil que existen en el barrio “Los Pinos”.

3.1. Área de estudio:

El área de estudio ha sido definida con la finalidad de conocer si las emanaciones de material particulado procedentes de la industria ubicada en el sector afectan o no a la calidad del aire.

El barrio los Pinos perteneciente a la parroquia urbana Juan de Velasco, ubicado en la ciudad de Riobamba. La ciudad se encuentra en la región Sierra, centro del Ecuador a 2850 msnm; llega a registrar una temperatura media de 14 °C y cuenta con un clima frío característico de las ciudades de esta zona (Véase Figura 2).

Las características del área son las siguientes:

- 1) La temperatura ambiente media registrada durante todo el año es de 13.4 °C.
- 2) La humedad relativa en la zona es de 63,1%.
- 3) La velocidad del viento es de 2.1 m/s.
- 4) Precipitación atmosférica de 564.5 mm.

5) Presión atmosférica de 1023 mmHg.

6) Geográficamente se encuentra en las coordenadas: (Latitud: 1°38'51" S, Longitud: 78°40'59" W) (Inamhi, 2014).

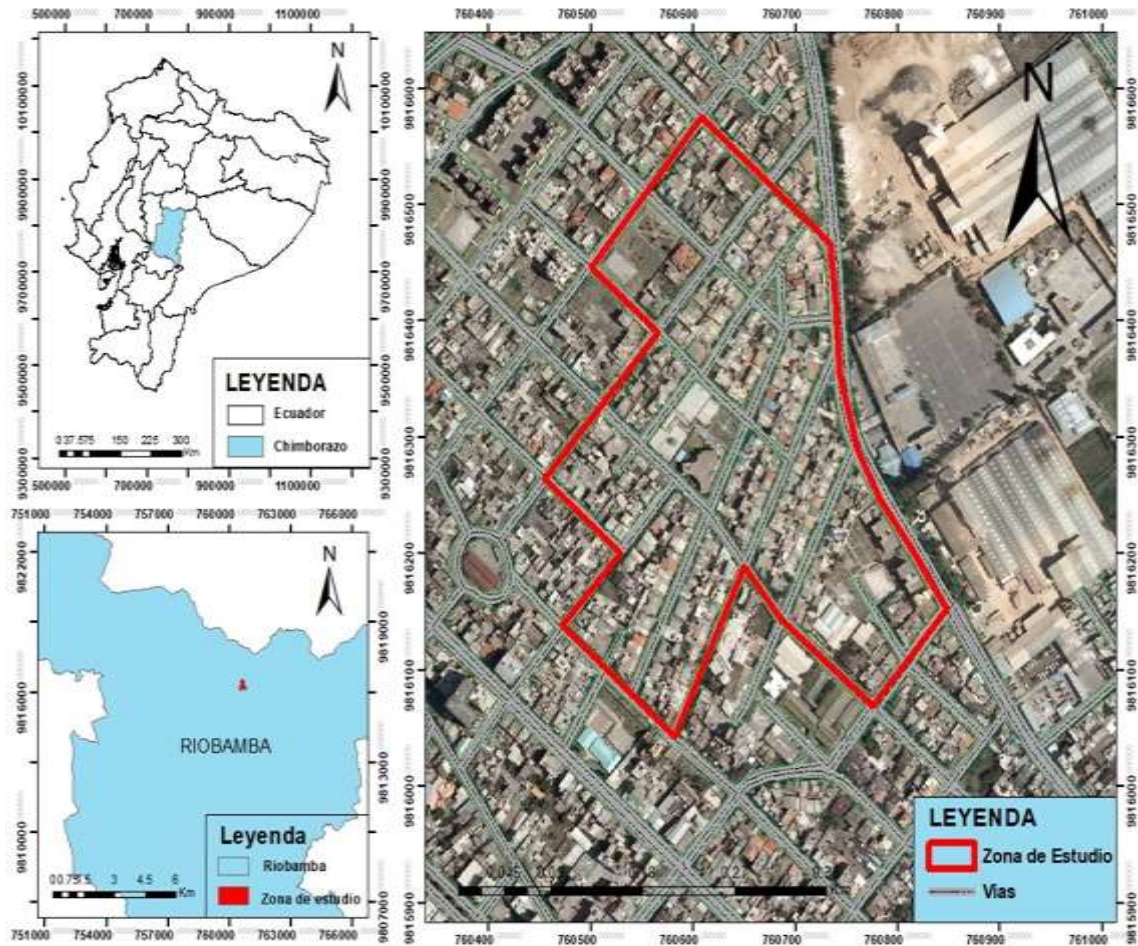


Figura 2: Área de estudio delimitada, barrio los Pinos.

Fuente: Los autores, 2019

3.2. Ubicación e implantación de los equipos de medición para material particulado sedimentable:

Según Marcos Huatuco (2012). Cada equipo de muestreo debe estar situado en un área de exposición libre de obstáculos significativos o cercanos a fuentes de contaminación, de tal forma que la muestra pueda ser recolectada por acción gravitacional.

En el área de trabajo se instalaron 7 equipos de muestreo tomando en consideración los puntos de mayor vulnerabilidad por aglomeración de personas, tales como la

presencia de escuelas, centro de salud, parque central, industrias, etc., con la finalidad de extraer resultados fiables que reflejen la calidad de aire de la población del barrio los Pinos.

3.3. Material particulado volátil:

Se realiza las mediciones durante un mes, exceptuando los fines de semana, en diferentes puntos de muestreo del barrio los Pinos, en los tres horarios diferentes, de 07h30, 12h30 y 16h00.

El MPV se cuantificó utilizando el equipo DustTrak™ II, para el cual se procedió a encender y ejecutar la calibración a nivel cero, presionando la tecla (ZERO CAL) y se coloca el filtro cero, una vez terminada su calibración se coloca el filtro de 10 μm y posteriormente el de 2,5 μm y se inicia la medición de MP el mismo que dura 2 minutos por muestra, arrojándonos datos en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Santillan, 2016).

3.4. Material particulado sedimentable:

Para la determinación se llevó a cabo un monitoreo durante un periodo de mes (1 de julio al 1 de agosto del 2019). Según el TULSMA Libro VI, Anexo IV, que nos hace referencia, que un muestreo se debe llevar a cabo durante 30 días de forma continua, para la obtener de una muestra representativa, siendo así que la muestra máxima permitida será de un miligramo por centímetro cuadrado, por treinta días ($1 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{ d}$) (Mae M. d., 2015).

Una vez obtenido el muestreo respectivo, los papeles filtro fueron puestos en el interior de la estufa a 50°C durante 24 horas, necesario para eliminar la presencia de humedad adquirido en el proceso de recolección de la muestra (Santillan, 2016). Posteriormente el papel filtro fue pesado en la balanza analítica SARTORIUS, modelo BP221S, de precisión 0,0001 g.

La fórmula que se utilizó para calcular el material particulado sedimentable, se obtuvo del estudio realizado por Rubén Marcos (2010). Donde menciona q el polvo atmosferico sedimentable esta constituido por particulas contaminantes sólidas por lo cual se utiliza la fórmula de polvo atmosferico sedimentable para calcular el material particulado sedimentable. Esto se realiza mediante la diferencia entre los pesos final e

inicial, y dividiendo para el área del papel filtro donde se acumuló la muestra, obteniendo el resultado en unidades de mg/cm²/mes (Marcos Huatuco, 2012).

A continuación, la fórmula empleada.

(Ecuación 1)

$$PAS = \frac{Pf - Pi}{\text{Área}} * 1\text{mes}$$

Donde:

- PAS = Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm²/mes).
- Pi = Peso inicial (mg), este es después de salir de laboratorio.
- Pf = Peso final (mg), este es después de estar expuesta el filtro durante el periodo de muestreo.
- Área del papel filtro: $A = \pi * r^2$
 - ✓ $\pi = 3.1416$
 - ✓ $r = \text{radio del papel filtro (cm}^2\text{)}$.

3.5. Caracterización físico-química con microscopio electrónico de barrido:

Secciones del filtro de 1 cm² se montaron sobre porta muestras de aluminio y posteriormente se metalizaron con oro. La observación se realizó en un microscopio electrónico de barrido (MEB) VEGAS TESCAM. Se tomaron imágenes a 200x, 100x, 50x, 20x y 10x. El procesamiento y análisis de las imágenes se realizó con el software Analysis Pro.

3.6. Procedimiento para el análisis e interpretación de resultados:

Con la información obtenida en el periodo de monitoreo se procedió a tabular los datos tanto de Material Particulado Sedimentable como Material Particulado Atmosférico MP_{2,5} y MP₁₀, su vez se realizó un análisis comparativo con los valores máximos referenciales para la salud para polvos atmosféricos sedimentables, según la organización mundial de la salud “OMS” y los límites máximos permisibles de la Legislación Ambiental Ecuatoriana “TULSMA”.

3.7. Modelación de la dispersión de la concentración de material particulado:

Para realizar el modelo cartográfico se utilizaron herramientas SIG, con los datos obtenidos de MPV, en el barrio “Los Pinos” a diferentes horas, durante el periodo julio-agosto del 2019; como primer paso se procede a construir una “geo data base” de esta información, con lo cual se representará espacialmente los puntos de monitoreo por medio de la herramienta “Add XY Data”, seguidamente de esto se interpola los datos con la herramienta “IDW” la cual nos sirve para poder obtener la área con los valores de concentración dispersos en la zona de estudio, una vez interpolado se extrae los datos de cada punto de monitoreo con la herramienta “Extract by Mask”, por último se hace una reclasificación con “Reclassify” para así poder obtener las diferentes concentraciones del material particulado en la zona de estudio. La cartografía generada se estableció en las siguientes escalas (1:1500 - 1:1000 - 1:400).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados muestran la concentración del material particulado sedimentable y volátil, en el área de estudio seleccionamos los siete puntos de muestreo de acuerdo a puntos de interés (Instituciones Educativas, Parques, Centros de Salud), como se observa en la Figura 3, en las muestras obtenidas se realizó el análisis de la composición físico-química del MPS, la morfología del MPS, el mapeo de la concentración, dispersión del material particulado y la discusión de los resultados en relación con las industrias locales.

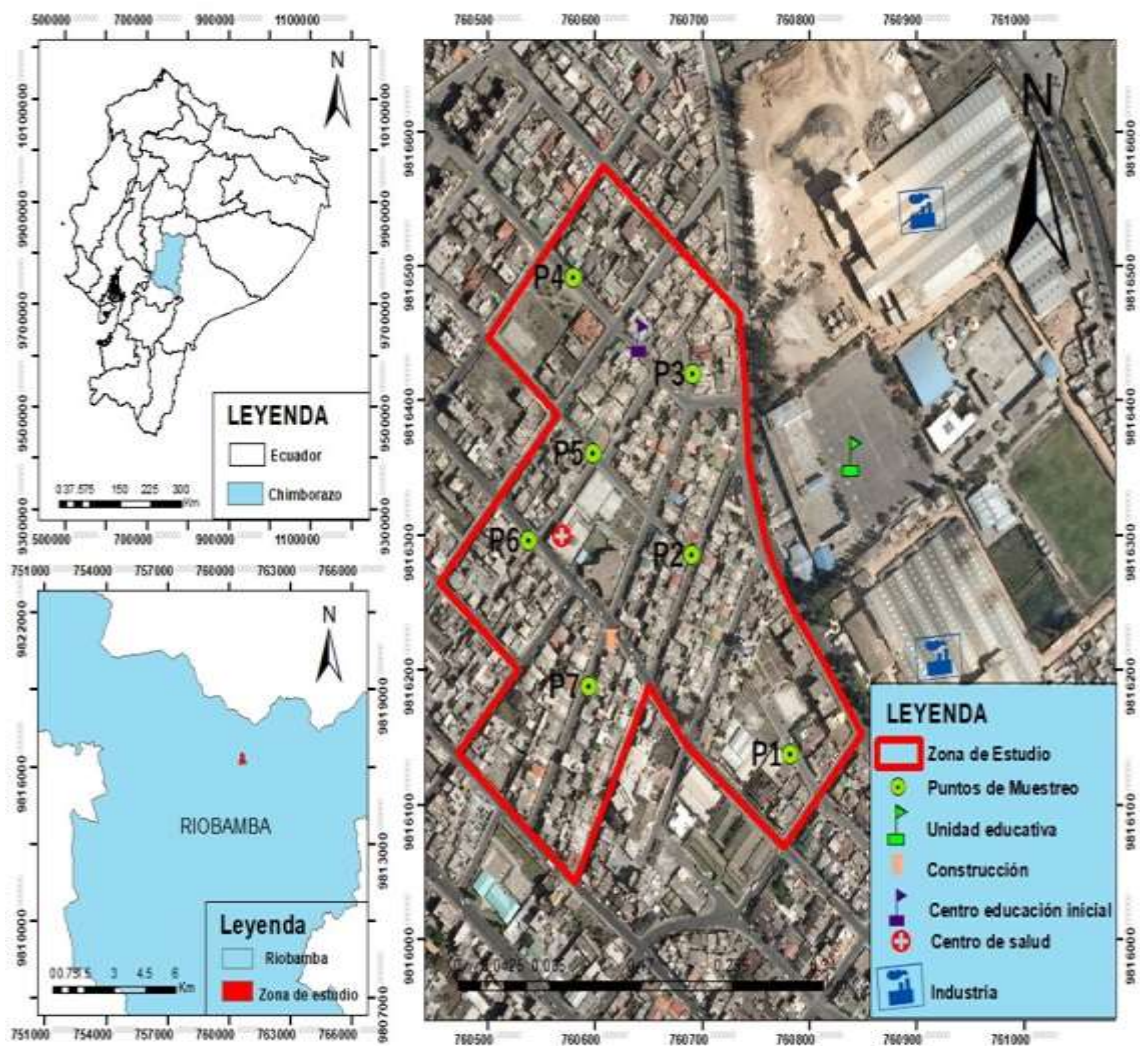


Figura 3: Ubicación de los puntos para el monitoreo de MPS Y MPV.

Fuente: Los autores, 2019

4.1. Concentración y análisis descriptivo del Material Particulado Sedimentable:

Una vez realizado el monitoreo durante el período de un mes del MPS en los siete puntos de muestreo, se tiene los datos correspondientes de peso para cada punto de monitoreo en la Tabla 3, en lo cual se obtuvo un promedio de 3.80 (mg/ cm² / mes) en la fecha del “1 de Julio al 1 de Agosto del 2019”. Donde dicho valor sobrepasa los límites permisibles establecidos por la OMS y TULSMA.

Tabla 3: Concentración de MPS en cada punto de monitoreo.

Puntos	Ubicación geográfica		Peso inicia	Peso final	PAS (mg/cm ² /mes)
	(UTM)		del papel (mg)	del papel (mg)	
1	760783	9816138	452,9	454	0,62
2	752213	9595084	456,3	459,7	1,90
3	760692	9816420	464,1	475	6,10
4	760580	9816492	456,2	460,7	2,52
5	760599	9816361	449,4	455,8	3,58
6	760539	9816296	454,1	458,5	2,46
7	760600	9616199	448,2	465	9,40

Fuente: Los autores, 2019

Tabla 4: Valores utilizados para la obtención de datos de PAS.

Radio del papel filtro	Área del papel filtro (cm ²)
4,2	55,41

Fuente: Los autores, 2019

Tabla 5: Estándares establecidos por la Legislación Ecuatoriana TULSMA.

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
Partículas Sedimentables		
PM₁₀	30 días	1 mg/cm ² /mes
	1 año	50 µg/m ³
	24 horas	150 µg/m ³
PM_{2,5}	1 año	15 µg/m ³
	24 horas	65 µg/m ³

Fuente: Valores tomados del anexo 4 del Libro VI del TULSMA, Mae, 2017.

Tabla 6: Estándares establecidos por la OMS.

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
Partículas Sedimentables		
PM₁₀	30 días	0.5 mg/cm ² /mes
	1 año	20 µg/m ³
	24 horas	50 µg/m ³
PM_{2,5}	1 año	10 µg/m ³
	24 horas	25 µg/m ³

Fuente: OMS, 2018

En la Tabla 5 y 6, se muestra los límites máximos permisibles establecidos por el “TULSMA” y la “OMS” respectivamente, los cuales fueron comparados con los valores de concentración de material particulado sedimentable obtenidos en el área de estudio Tabla 7, en el cual podemos observar que en el punto 1 de muestreo no sobre pasa los valores máximos establecidos en la normativa según el “TULSMA” (1cm²/mes), pero si sobre pasan los valores máximos establecidos por la “OMS”. En los demás puntos de muestreo todos los valores obtenidos son superiores a los valores máximos permisibles

según las normas establecidas tanto en el “TULSMA” como en la “OMS” (Zhang, 2014).

Tabla 7: Comparación de valores de PAS con el LMP establecidos por la OMS y el TULSMA.

Muestra	PAS (mg/cm ² /mes)	LMP OMS	LMP TULSMA
		(0.5 cm ² /mes)	(1 cm ² /mes)
		Cumple	Cumple
1	0,62	NO	SI
2	1,9	NO	NO
3	6,1	NO	NO
4	2,52	NO	NO
5	3,58	NO	NO
6	2,46	NO	NO
7	9,4	NO	NO

Fuente: Los autores, 2019 (mg/cm²/mes)

En la Figura 4, se puede observar la comparación de los valores del MPS con los límites permisibles según las normas establecidas por la “OMS” y “TULSMA”, donde se identificó que en el punto 1 de muestreo tiene un valor de MPS de 0.62 (mg/cm²/mes), el cual sobre pasa el límite establecido por la “OMS” donde el valor establecido es de 0.5 (mg/cm²/mes), pero no sobre pasa el valor establecido en la normativa del “TULSMA” que su valor indicado es de 1 (mg/cm²/mes). En los siguientes puntos de muestreo los valores obtenidos sobrepasan los límites permisibles establecidos tanto en la “OMS” como en el “TULSMA”, la figura también muestra que los puntos 3 y 7 que tienen valores de 6,1 y 9,4 (mg/cm²/mes) respectivamente, son los valores con concentraciones elevadas esto se debe al motivo que el punto 3 se encuentra frente a la industria la cuál emana gran cantidad de MPS y el punto 7 que se encontraba más alejado de la industria pero se obtuvo el valor más alto de toda el área de estudio esto sucedió por que dicho punto está cercano a una construcción la que generaba demasiado MPS.

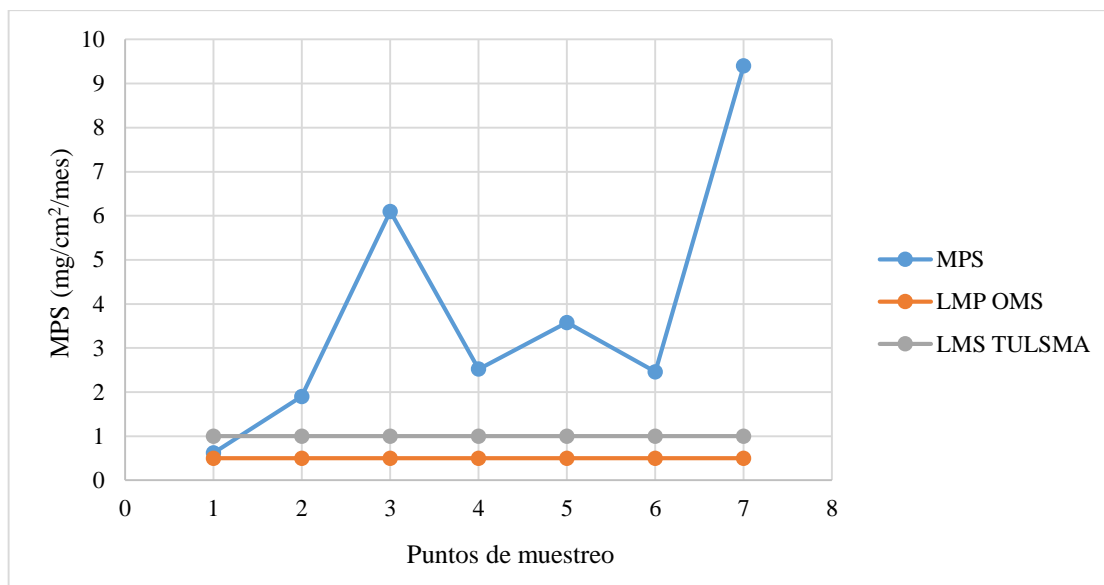


Figura 4: Comparación de valores de MPS con los LMP establecidos por la OMS y TULSMA.

Fuente: Los autores, 2019

4.2. Concentración y análisis descriptivo del Material Particulado Volátil:

Para obtener resultados de mayor confiabilidad se realizó un promedio y una desviación estándar de todos los 7 puntos de los distintos horarios de monitoreo, así obteniendo un promedio diario para realizar la comparación con los límites permisibles establecidos por la norma.

4.2.1. Análisis global de la concentración de Material Particulado Volátil 2.5 del barrio los Pinos en comparación con la OMS y el TULSMA.

En la Tabla 8, se analizó la concentración de MPV_{2.5} de los diferentes días, de los 3 horarios de monitoreo, en los cuales podemos observar que los días 1, 3, 9, 10 y 17 se encuentran dispersos con relación a su media, esto se debe a que los datos tomados en el horario de 07h30 son demasiado elevados porque existe mayor concentración de material particulado, debido a que la industria esos días emanaba mayor cantidad de contaminantes. Los valores obtenidos de MPV_{2.5} sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la “OMS”, en todos los días ya que dicho valor se encuentra en ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sin embargo, si cumple con la normativa establecida por el “TULSMA” donde el valor se encuentra establecido en ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), donde los resultados obtenidos se encuentran en un rango de 45 a 60 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), a excepción de los días 1 y 2 que sobrepasan el límite establecido por el “TULSMA” y no cumplen la normativa.

Tabla 8: Comparación de la concentración de MPV_{2.5} con los LMP de la OMS y TULSMA.

Días	07h30	12h30	16h00	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desviación Estándar	LMP	LMP
						OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	TULSMA ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	83,57	73,29	72,86	76,57	6,07	NO	NO
2	82,71	77,00	76,14	78,62	3,57	NO	NO
3	81,43	49,71	49,14	60,10	18,48	NO	SI
4	49,57	50,43	50,14	50,05	0,44	NO	SI
5	48,14	50,71	47,86	48,90	1,57	NO	SI
6	47,86	51,43	53,00	50,76	2,64	NO	SI
7	55,43	56,43	51,71	54,52	2,48	NO	SI
8	53,57	54,00	52,57	53,38	0,73	NO	SI
9	59,86	53,57	63,71	59,05	5,12	NO	SI
10	64,00	53,00	53,00	56,67	6,35	NO	SI
11	57,29	54,57	53,14	55,00	2,10	NO	SI
12	57,43	55,14	54,29	55,62	1,62	NO	SI
13	59,43	53,86	53,86	55,71	3,22	NO	SI
14	53,00	51,29	46,29	50,19	3,49	NO	SI
15	52,71	49,00	47,14	49,62	2,84	NO	SI
16	53,86	50,57	49,57	51,33	2,24	NO	SI
17	64,86	52,71	55,29	57,62	6,40	NO	SI
18	56,86	50,71	52,71	53,43	3,13	NO	SI
19	57,57	51,14	52,14	53,62	3,46	NO	SI
20	54,71	53,14	58,29	55,38	2,64	NO	SI
21	56,29	53,00	58,14	55,81	2,60	NO	SI
22	54,86	54,00	50,86	53,24	2,11	NO	SI

Fuente: Los autores, 2019

En la Figura 5, se puede observar que la concentración de MPV_{2.5} en los días 1 y 2 los valores obtenidos fueron de ($76,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $78,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$) los cuales sobrepasan los límites establecidos tanto de la normativa de la “OMS” y TULSMA”, en el resto de días ninguno cumple con la norma establecida de la “OMS” pero si cumplen con la normativa establecida por el “TULSMA”. También podemos darnos cuenta que en el horario de las 07H30 existe un ligero aumento de MPV_{2.5} debido a que la industria y el tráfico del sector influye en la concentración de MPV_{2.5}.

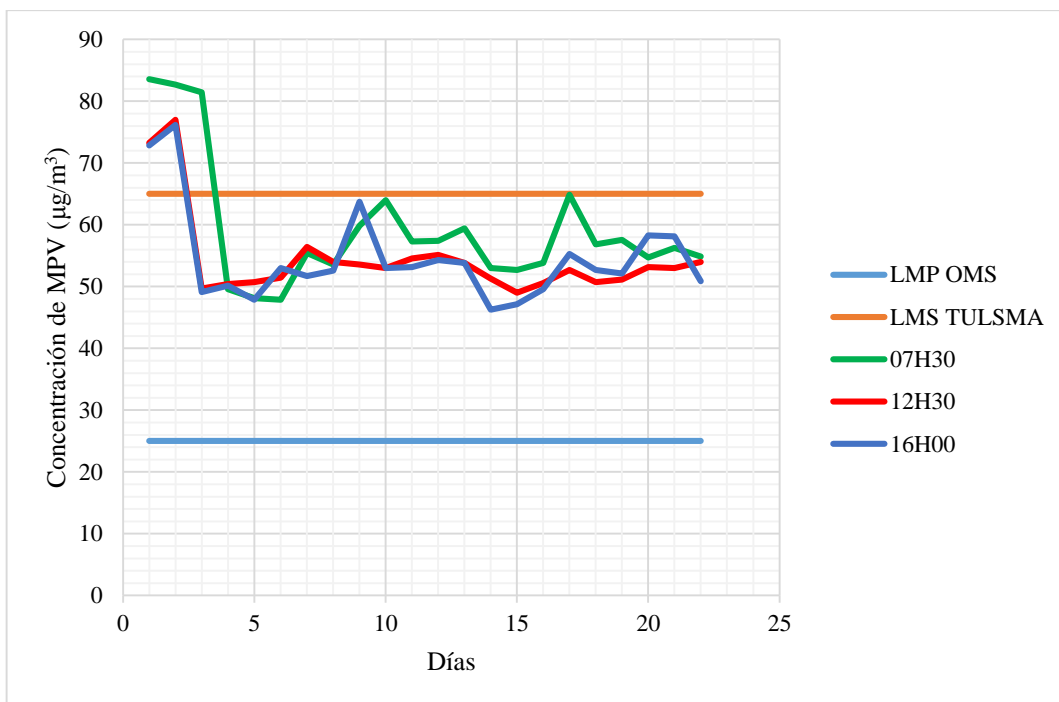


Figura 5: Comparación de la concentración de $MP_{2.5}$ con la LMP de la OMS y el TULSMA.

Fuente: Los autores, 2019

4.2.2. Análisis global de la concentración de MPV_{10} del barrio los Pinos en comparación con la OMS y el TULSMA.

En la Tabla 9, se analizó la concentración de MPV_{10} de los 22 días de monitoreo, donde podemos observar en los días 1, 3, 10, 16 y 22 están dispersos en relación a su media, esto se debe a que el día 1 y 3, las instituciones escolar se encontraban aún en actividades y existía un congestionamiento vehicular que aumento la concentración de material particulado, en los días 10, 16 y 22 presentan menor concentración de material particulado en el horario de las 16h00, esto se pudo dar debido a que el viento disperso la mayoría del contaminante. Los datos obtenidos de los diferentes días ninguno cumple con la norma establecida por la “OMS”, pero si cumplen con la norma establecida por el “TULSMA” a excepción de los días 1 y 2 ya que dichos valores son 79.57 y 80.62 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivamente, sobrepasando los límites máximos permisibles establecidos por el “TULSMA”.

Tabla 9: Comparación de la concentración de $MPV_{10,00}$ con los LMP de la OMS y TULSMA.

Días	07h30	12h30	16h00	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desviación Estándar	LMP OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	LMP TULSMA ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	85,86	74,71	78,14	79,57	5,71	NO	NO
2	84,00	78,00	79,86	80,62	3,07	NO	NO
3	82,57	52,43	55,57	63,52	16,57	NO	SI
4	48,43	56,43	54,71	53,19	4,21	NO	SI
5	52,71	65,00	52,86	56,86	7,05	NO	SI
6	48,29	53,71	52,71	51,57	2,89	NO	SI
7	58,43	57,86	53,86	56,71	2,49	NO	SI
8	54,71	53,14	51,14	53,00	1,79	NO	SI
9	61,00	54,00	53,43	56,14	4,22	NO	SI
10	65,86	52,43	53,29	57,19	7,52	NO	SI
11	58,43	58,43	55,14	57,33	1,90	NO	SI
12	56,57	57,43	57,00	57,00	0,43	NO	SI
13	60,14	54,71	54,00	56,29	3,36	NO	SI
14	52,71	50,43	49,29	50,81	1,75	NO	SI
15	55,00	50,86	51,29	52,38	2,28	NO	SI
16	67,14	61,14	55,57	61,29	5,79	NO	SI
17	59,29	51,29	52,00	54,19	4,43	NO	SI
18	58,57	55,86	55,29	56,57	1,76	NO	SI
19	63,00	53,71	59,29	58,67	4,67	NO	SI
20	56,43	59,14	54,57	56,71	2,30	NO	SI
21	55,86	55,43	56,43	55,90	0,50	NO	SI
22	61,43	53,00	51,00	55,14	5,53	NO	SI

Fuente: Los autores, 2019

En la Figura 6, se puede observar que la concentración de MPV_{10} en ninguno de los días cumple con lo establecido de la normativa de la “OMS”, ya que sobre pasa el valor establecido que es de ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero no obstante si cumple con la norma establecida por el “TULSMA”, debido a que se tiene un valor ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en los datos obtenidos que se encuentra en un valor de (30 a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a excepción del día 1 y 2 que sobrepasan las ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) establecidas por el “TULSMA” por lo cual no cumplen con esta normativa.

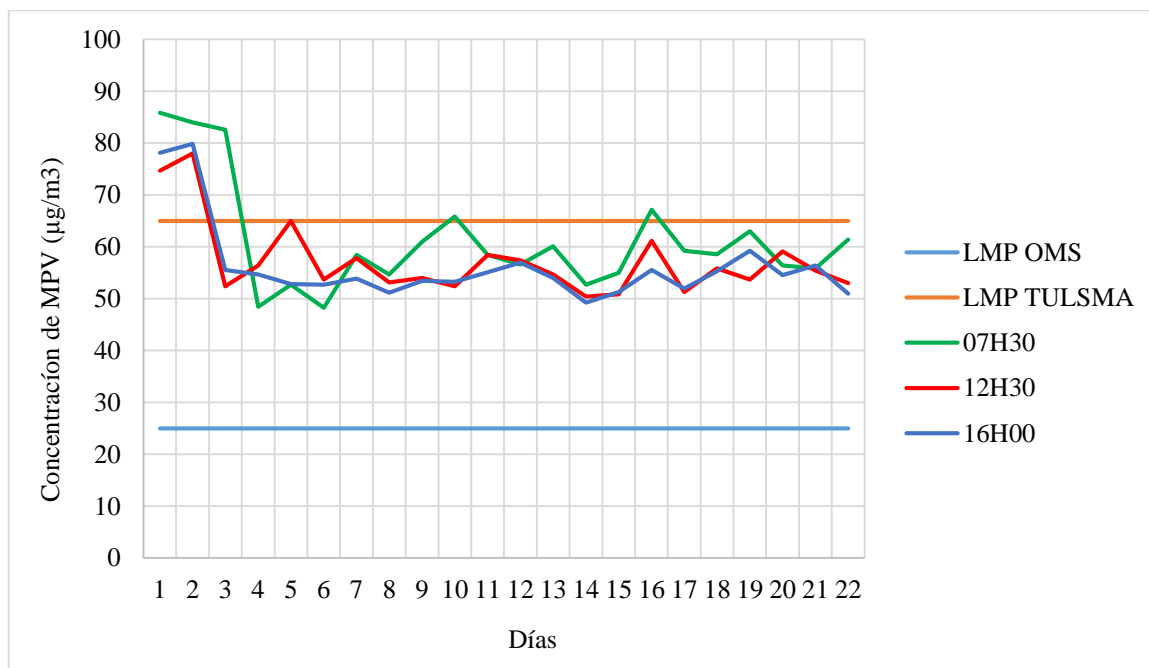


Figura 6: Comparación de la concentración de $MP_{10,00}$ con la LMP de la OMS y el TULSMA.

Fuente: Los autores, 2019

4.3. Análisis Morfológico y Químico del Material Particulado Sedimentable.

En las muestras obtenidas de la zona de estudio se analizó la morfología de MPS con el uso del microscopio electrónico de barrido, donde se tomaron imágenes a 50x, 100x y 200x, donde se puede identificar la composición, forma y el tamaño de las partículas sedimentadas.

La composición química del MPS, se realizó a partir de cada una de las muestras representativas de cada punto de monitoreo es decir se examinó 7 muestras puestas a estudio mediante la técnica de espectroscopia de fotones rayos x dispersados (EDX), en el laboratorio de microscopia de la UNACH.

En la Figura 7, se muestra una micrografía de una resolución de 50 micrones de la morfología de material particulado de la muestra 1, ubicada en las calles Ayacucho y Av. Carlos Zambrano donde se observa las partículas de formas irregulares, planas y laminares. En la Figura 8, se ilustra el análisis químico elemental de toda el área de la imagen, cada partícula está compuesta de (O, Si, Al, Na y Ca).

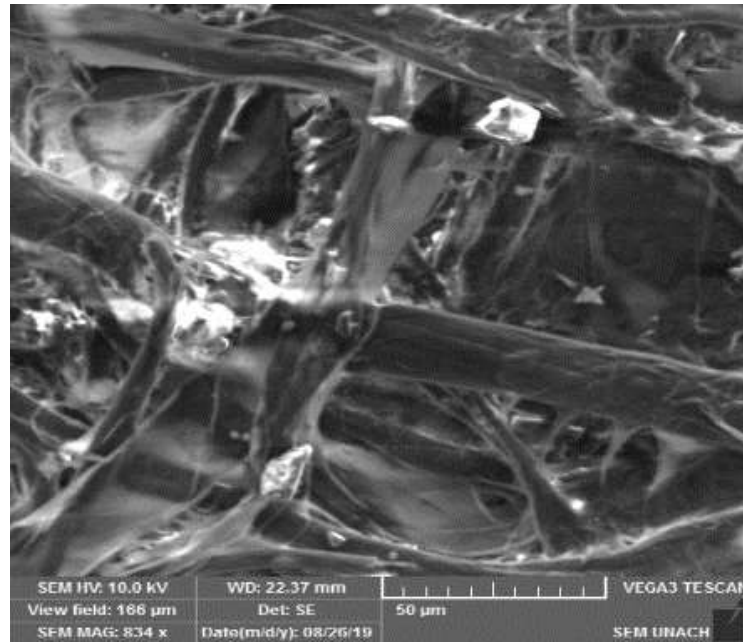


Figura 7: Micrografía, muestra 1.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

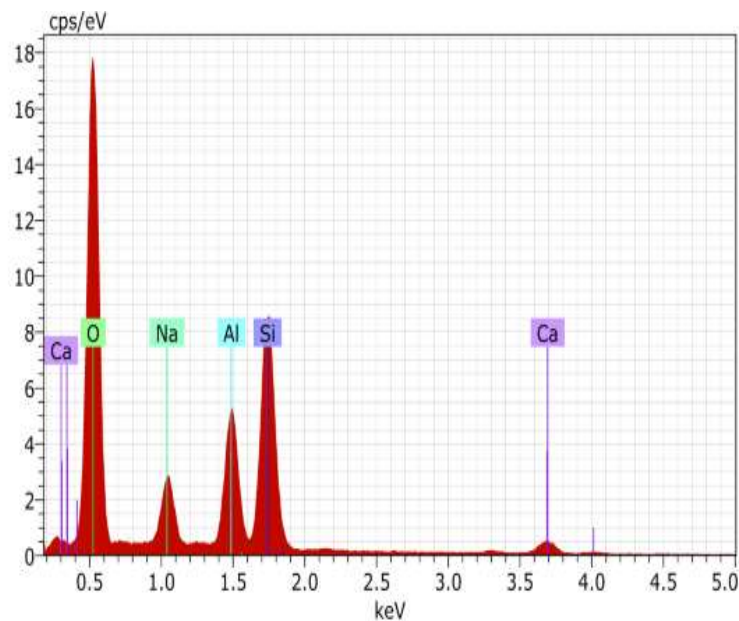


Figura 8: Análisis químico elemental, muestra 1.

Fuentes: Autores, 201). Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

En la Figura 9, se muestra una micrografía de una resolución de 100 micrones, de la morfología de material particulado de la muestra 2, ubicada en las calles Los Cedros y Cipreses. En la Figura 10, se ilustra el análisis químico elemental de toda el área de la imagen, cada partícula está compuesta de (O, Ta, Al, W, K, Fe y Na). Estas partículas presentan formas irregulares, planas y laminares.

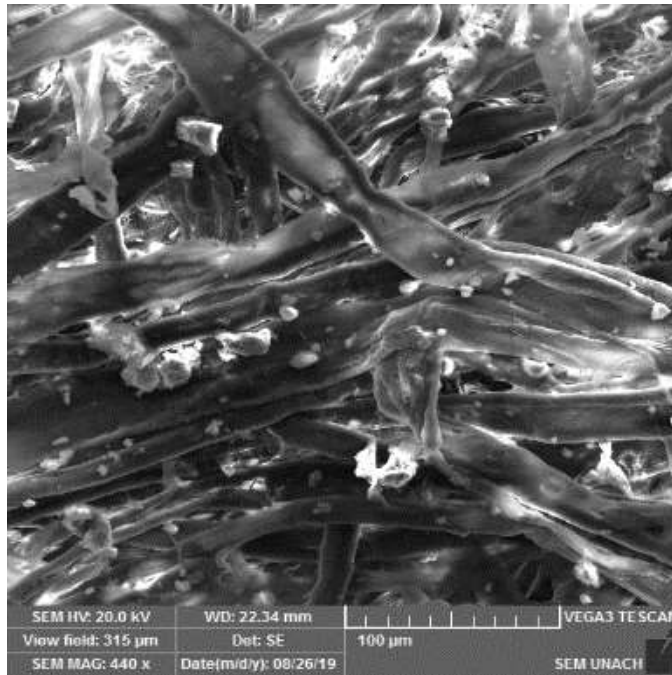


Figura 9: Micrografía, muestra 2.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

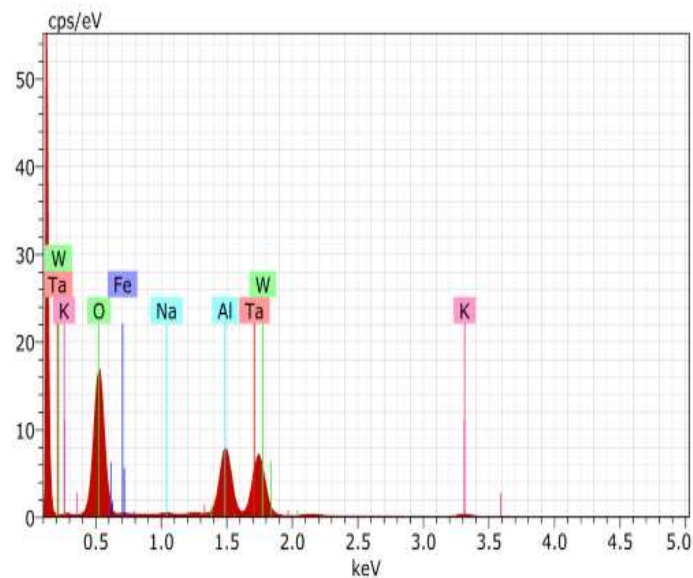


Figura 10: Análisis químico elemental, muestra 2.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

En la Figura 11, se muestra una micrografía de 100 micrones, de la morfología de material particulado de la muestra 3, ubicada en las calles Los Álamos y Los Olivos. En la Figura 12, se ilustra el análisis químico elemental de toda el área de la imagen, donde se observa cada partícula compuesta (O, Si, Mg, C y Co).

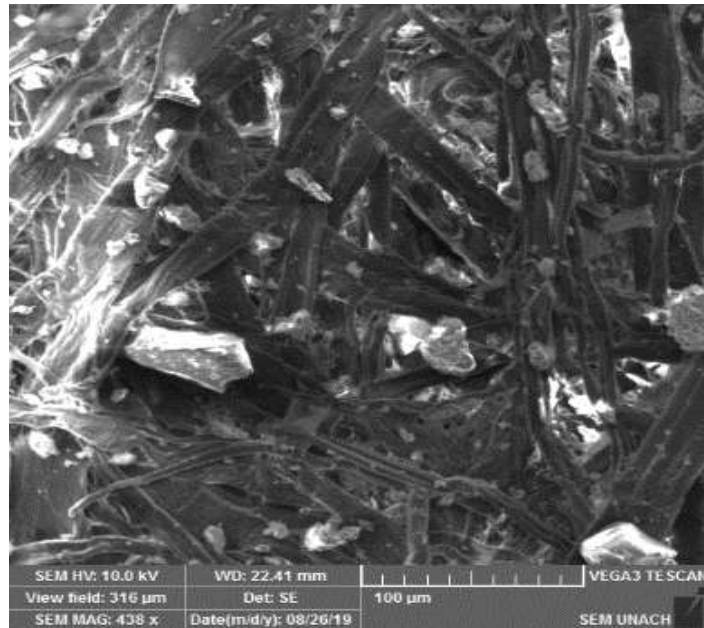


Figura 11: Micrografía, muestra 3.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

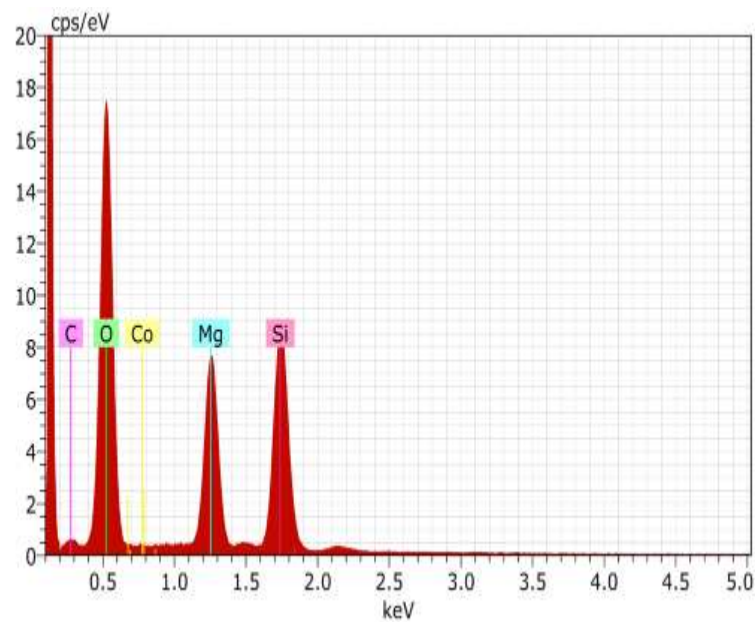


Figura 12: Análisis químico elemental, muestra 3.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

En la Figura 13, se muestra una micrografía de 50 micrones, de la morfología de material particulado de la muestra 4, ubicada en las calles Jacinto Gonzales y Los Olivos. En la Figura 14, se ilustra el análisis químico elemental de toda el área de la imagen, donde se observa cada partícula compuesta (O, Si, Al, K, Na, Au, Ca, Fe y Mg). Estas partículas presentan formas irregulares, planas y laminares.



Figura 13: Micrografía, muestra 4.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus "La Dolorosa".

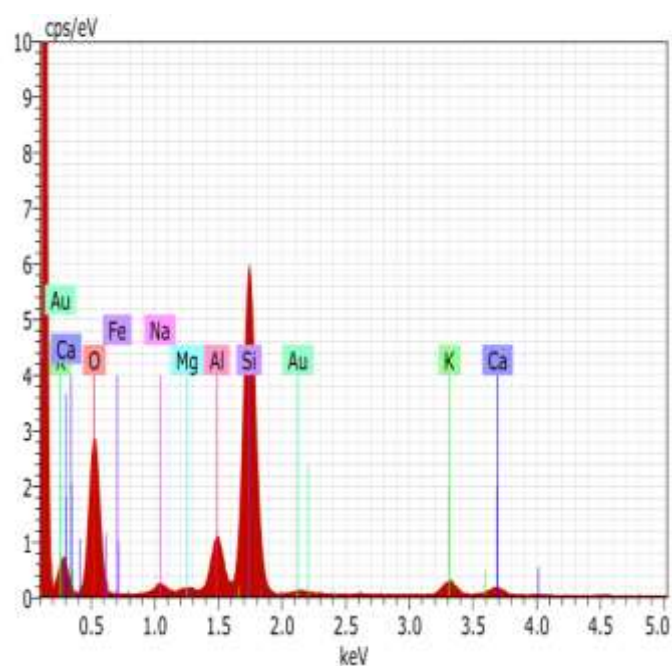


Figura 14: Análisis químico elemental, muestra 4.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus "La Dolorosa".

En la Figura 15, se muestra una micrografía de 100 micrones, de la morfología de material particulado de la muestra 5, ubicada en las calles Los Laureles y Los Cedros. En la Figura 16, se ilustra el análisis químico elemental de toda el área de la imagen, donde se observa cada partícula compuesta (O, Si, Al, K, Na, Ca, Fe y Mg) .

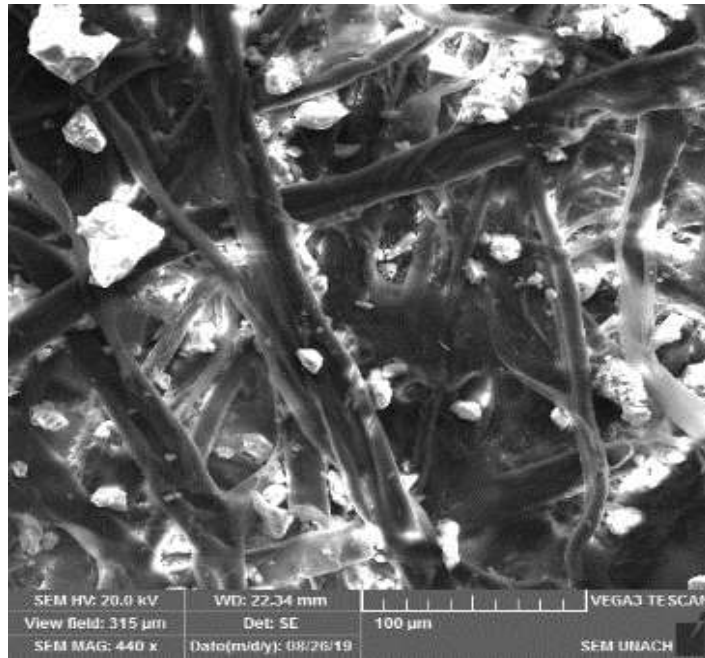


Figura 15: Micrografía, muestra 5.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

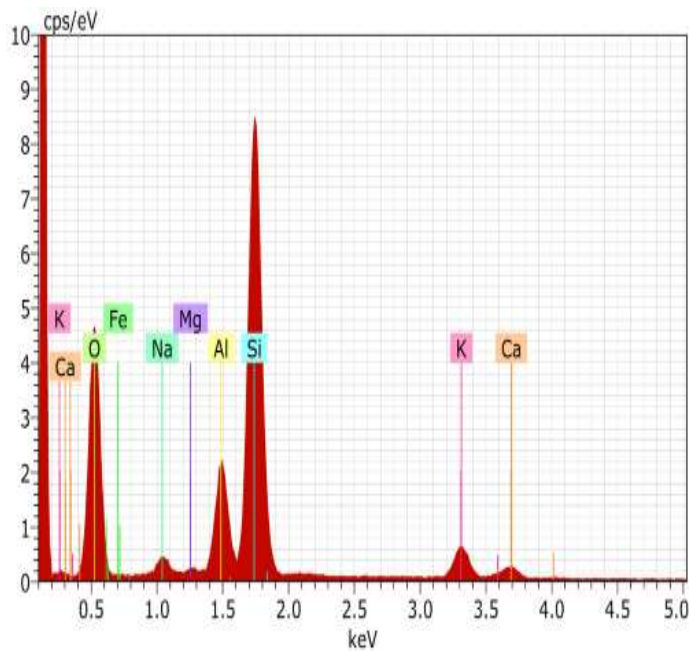


Figura 16: Análisis químico elemental, muestra 5.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

En la Figura 17, se muestra una micrografía de 100 micrones, de la morfología de material particulado de la muestra 6, ubicada en las calles Los Laureles y Junín. En la Figura 18, se ilustra el análisis químico elemental de toda el área de la imagen, donde se observa cada partícula compuesta (O, Si, C, Al, Na, y Fe).

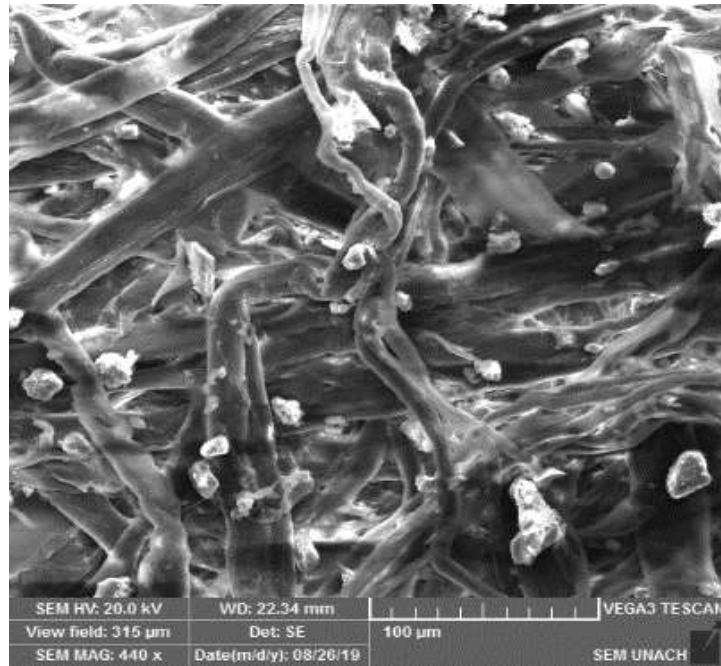


Figura 17: Micrografía, muestra 6.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

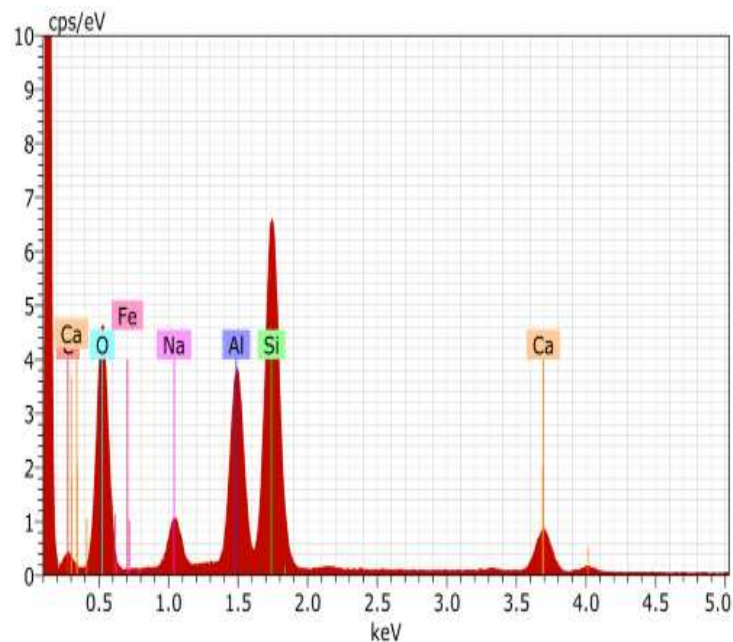


Figura 18: Análisis químico elemental, muestra 6.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

En la Figura 19, se muestra una micrografía de 100 micrones, de la morfología de material particulado de la muestra 7, ubicada en las calles Los Álamos y Junín. En la Figura 20, se ilustra el análisis químico elemental de toda el área de la imagen, donde se observa cada partícula compuesta (O, Si, Al, Na, K, Fe, Mg y Ca). Estas partículas presentan formas irregulares, planas y laminares.

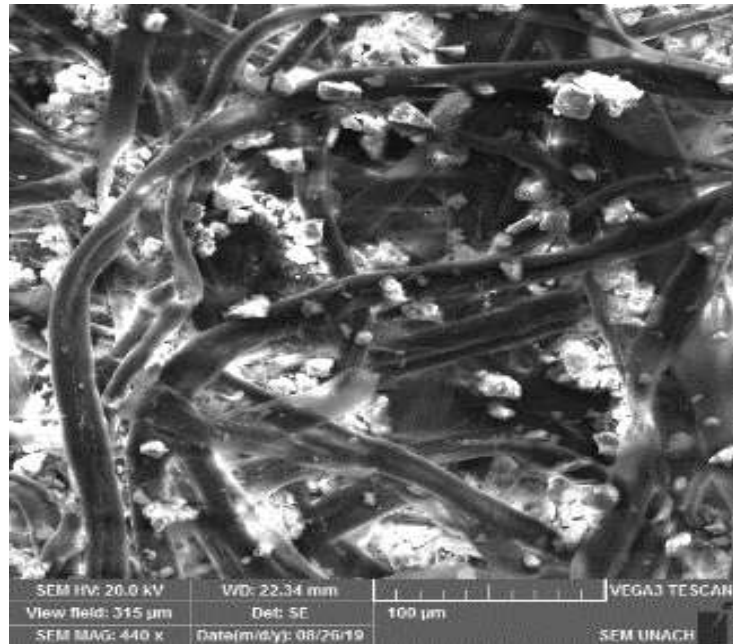


Figura 19: Micrografía, muestra 7.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

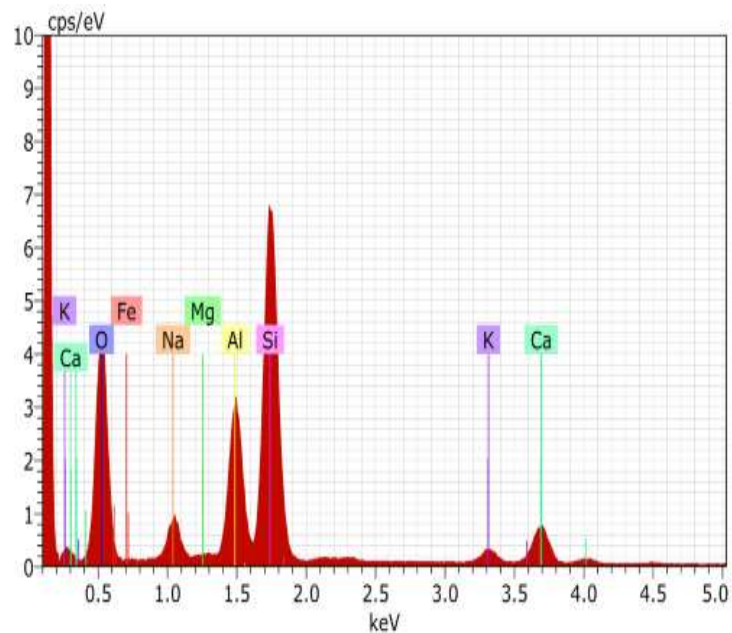


Figura 20: Análisis químico elemental, muestra 7.

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

En la Tabla 10, se puede observar la composición química del material particulado encontrado en cada punto de muestreo, donde las partículas de todos los puntos de muestreo presentan en su composición química en el Oxígeno como elemento común, con un porcentaje mayor y similar en un rango de 50% al 60%, el Silicio es otro elemento químico que está presente en todas las muestras a excepción de la muestra 2, con un intervalo del 16% al 29%. Los elementos químicos de Aluminio y Sodio están presentes en todas las muestras a excepción de la muestra 3, con intervalos que varían

del 6% al 14% y de 0% a 5% respectivamente, en la muestra 2 el Aluminio tiene un porcentaje mayor con respecto al resto por la presencia de arcillas y feldspatos, el Tántalo presenta un porcentaje de 21.37% y Wolframio con 10.88% se encuentran presentes solo en la muestra 2, estos compuestos corresponden a los desengrasantes que se utiliza para evitar que las arcillas tengan una plasticidad excesiva. Al igual que el Cobalto y Carbono se encuentran presentes en la muestra 3 esto se puede dar a residuos de la quema de combustibles fósiles, el Magnesio es otro elemento que se encuentra en todas las muestras siendo el porcentaje más alto en la muestra 3 con un valor de 13.37% esto podría ser por la mezcla de arcillas refractarias utilizada en los hornos de cocción de la industria, de igual manera el Potasio se encuentra en casi todas las muestras con un porcentaje mayor de 3.48% en la muestra 5, esto se debe a que en la muestra presenta mayor cantidad de partículas de feldspato, los demás elementos químicos como son el Calcio, Hierro están distribuidos en las diferentes muestras en cantidades mínimas.

Por todo lo anterior citado se puede mencionar que en todas las siete muestras del área de estudio tienen una composición química similar, por lo cual estaríamos hablando que el material particulado sedimentable es el mismo en todas las muestras. Todos estos elementos químicos encontrados son los principales compuestos que forman arcillas, feldspatos, cuarzo, calsita y pirita que provienen de la materia prima utilizada en la industria presente del sector.

El material particulado sedimentable analizado muestra en su composición varios elementos químicos entre los más representativos tenemos (O, Si, Al), encontrado en mayor porcentaje en todas las 7 muestras de la zona de estudio, de estos 3 elementos podemos recalcar que el silicio, según varios estudios realizados es asociado al cáncer de pulmón esto se debe a las exposiciones a silicio cristalino (especialmente cuarzo y cristobalita) en lugares de trabajo (Berzelius, 2018).

Tabla 10: Composición química de todos los puntos de monitoreo.

	Elementos												Total:	
	O	Si	Al	Na	Ca	Mg	K	Fe	Ta	W	Au	Co		C
	norm. C [wt. %]													
Muestra 1	59.09	22.60	9.30	5.55	3.46									100.00
Muestra 2	51.44		13.29	0.66			1.57	0.80	21.37	10.88				100.00
Muestra 3	57.09	22.64				13.37						1.72	5.18	100.00
Muestra 4	55.64	29.29	6.24	2.06	1.30	0.82	2.06	1.02			1.58			100.00
Muestra 5	56.60	26.62	7.64	2.42	1.50	0.58	3.48	1.27						100.00
Muestra 6	51.56	16.42	10.67	4.72	4.59			0.61						100.00
Muestra 7	54.23	21.55	10.97	5.10	4.82	0.62	1.37	1.32						100.00

Fuentes: Autores, 2019. Adaptado por laboratorio de microscopia, UNACH campus “La Dolorosa”.

4.4. Simulación de la distribución de la concentración de Material Particulado.

Finalmente, con los resultados obtenidos del monitoreo se realizó la simulación de 3 mapas, para visualizar la dispersión de la concentración de material particulado sedimentable y material particulado volátil en el periodo de “Julio a Agosto del 2019”. Además, se generó un mapa de velocidad y dirección de viento con las variables X – Y, los datos fueron obtenidos por la estación meteorológica de la “ESPOCH”, la dirección del viento en el periodo de monitoreo es muy variable, ya que en algunos días vario en el transcurso del día obteniendo direcciones Sudeste, Noreste y Sudoeste con una velocidad promedio de 2.5 (m/s).

En la Figura 21, se puede observar la simulación de la dispersión de material particular sedimentable, donde podemos observar que los puntos 1, 2, 4 y 6 son los que

tienen menor concentración del material particulado, mientras que el punto 5 se encuentra en una concentración intermedia de un valor de 3.58 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$), y los puntos 3 y 7 son los que presentan mayor concentración de material particulado sedimentable con valores de 6.1 y 9.4 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$) respectivamente, esto se debe a que la dirección estaba en sentido sudoeste con una velocidad promedio de 2.5 (m/s), por lo cual ayudan al traslado del material particulado desde la fuente de generación que es la industria hasta el punto de monitoreo, de igual forma sucede en el punto 7 que se encontraba cerca de una construcción y generaba gran cantidad de material particulado.

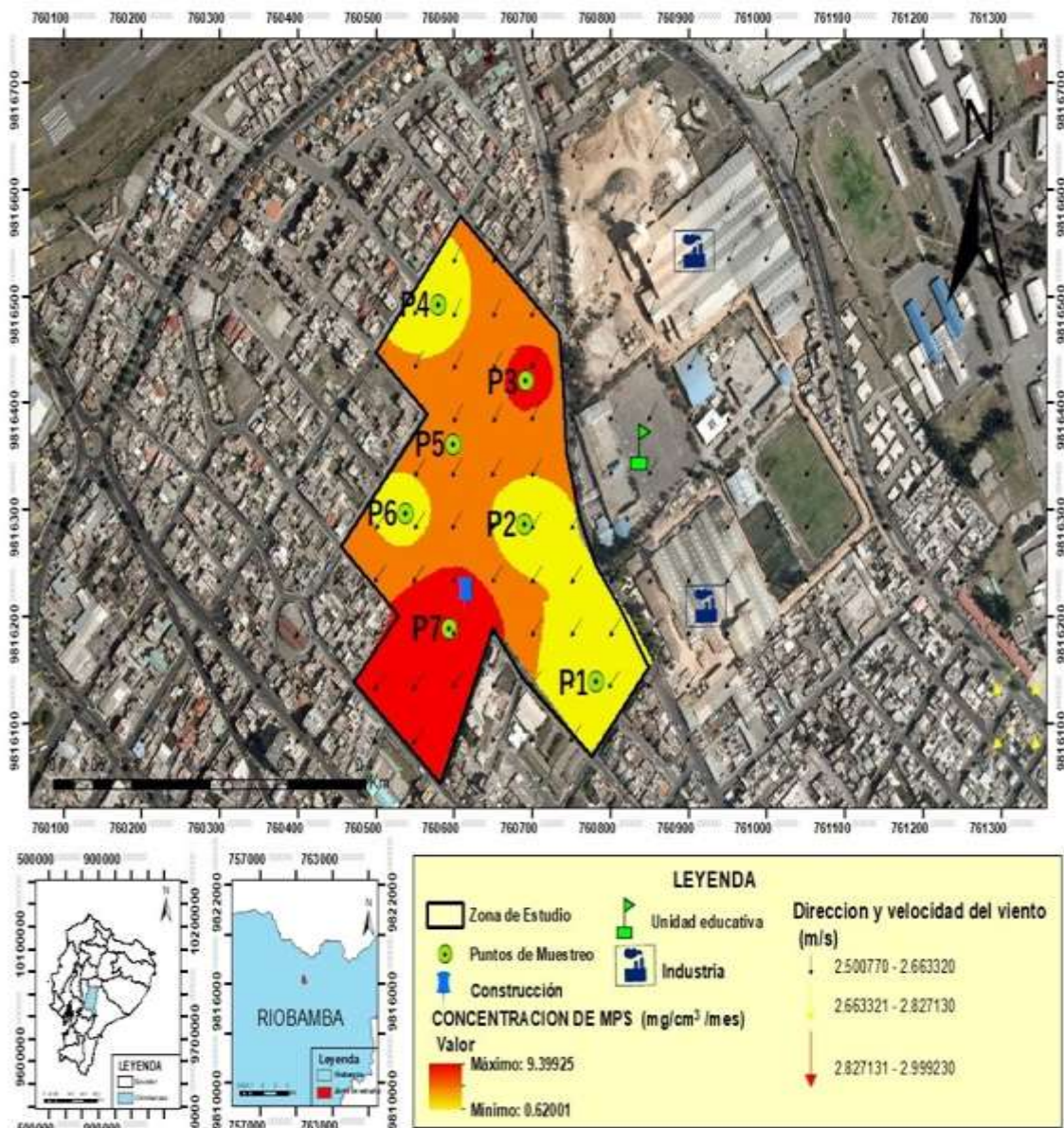


Figura 21: Simulación de la concentración de MPS ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$).

Fuentes: Autores, 2019

En la Figura 22, se puede apreciar la simulación de la concentración del material particulado volátil 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el cual podemos notar que la mayor concentración se

sitúa en el punto 7 con $58.15 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ y en el punto 1 se encuentra con menor concentración que es de $54.71 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$. En los puntos restantes se puede apreciar una concentración media de un intervalo de $55\text{-}57 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$. La dirección del viento en el periodo del monitoreo se encontró en sentido sudoeste lo que ayudo a la dispersión del contaminante.

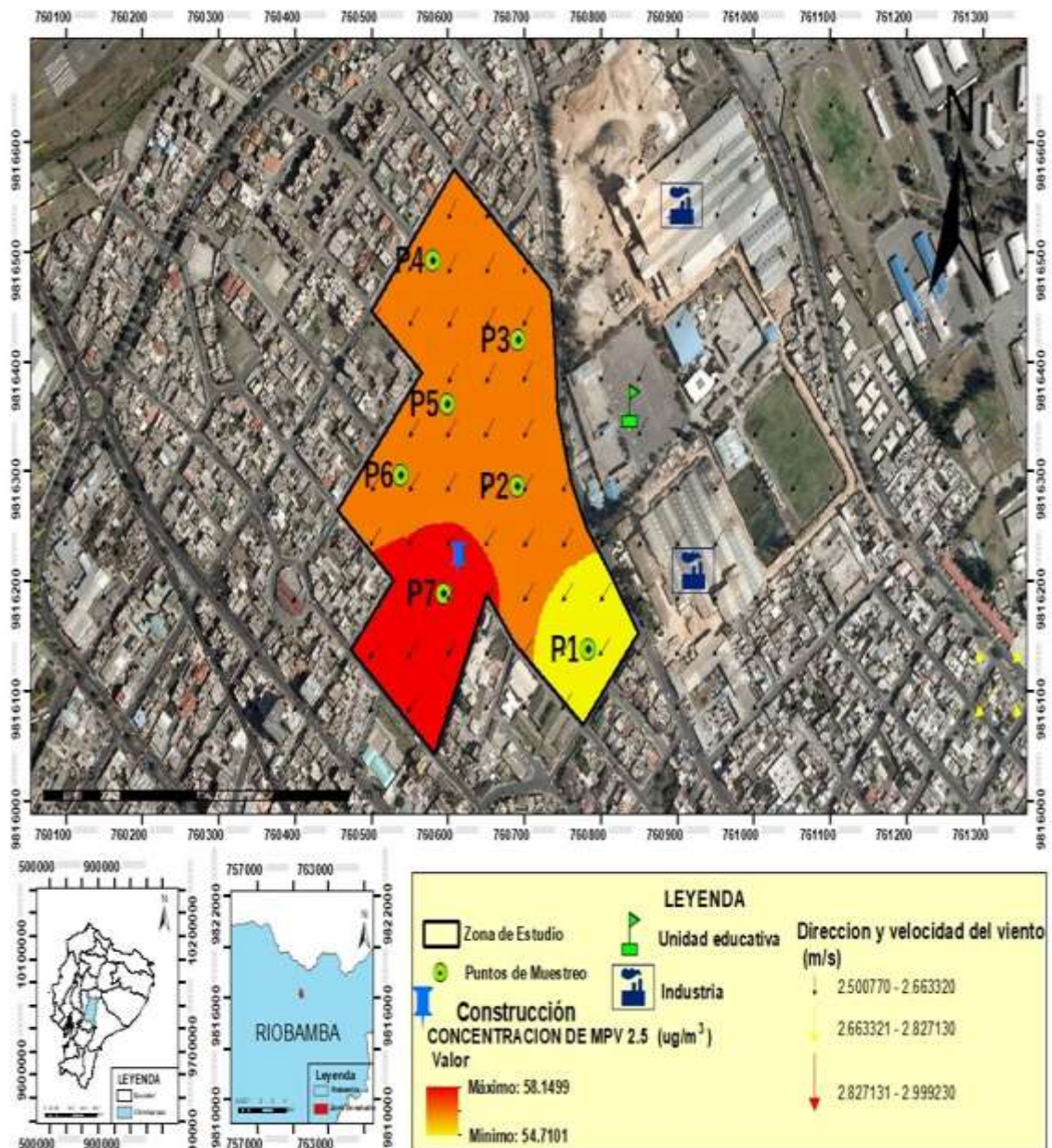


Figura 22: Simulación de la concentración de MPV_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fuentes: Autores, 2019

En la Figura 23, se representa la simulación de la concentración de material particulado volátil 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), donde los puntos 1 y 4 representa la menor

concentración con valores de $55.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $56.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, mientras que los puntos 2 y 6 representan valores intermedios de $58.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $57.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo cual los puntos restantes simboliza la mayor concentración de material particulado volátil $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, debido a que los puntos de monitoreo 3 y 7 se encuentran cerca de las fuentes de contaminación como son la industria y la construcción. La velocidad del viento se encontró entre (2.5 m/s a 3 m/s) en dirección sudoeste, lo que ayudo a la dispersión del contaminante.

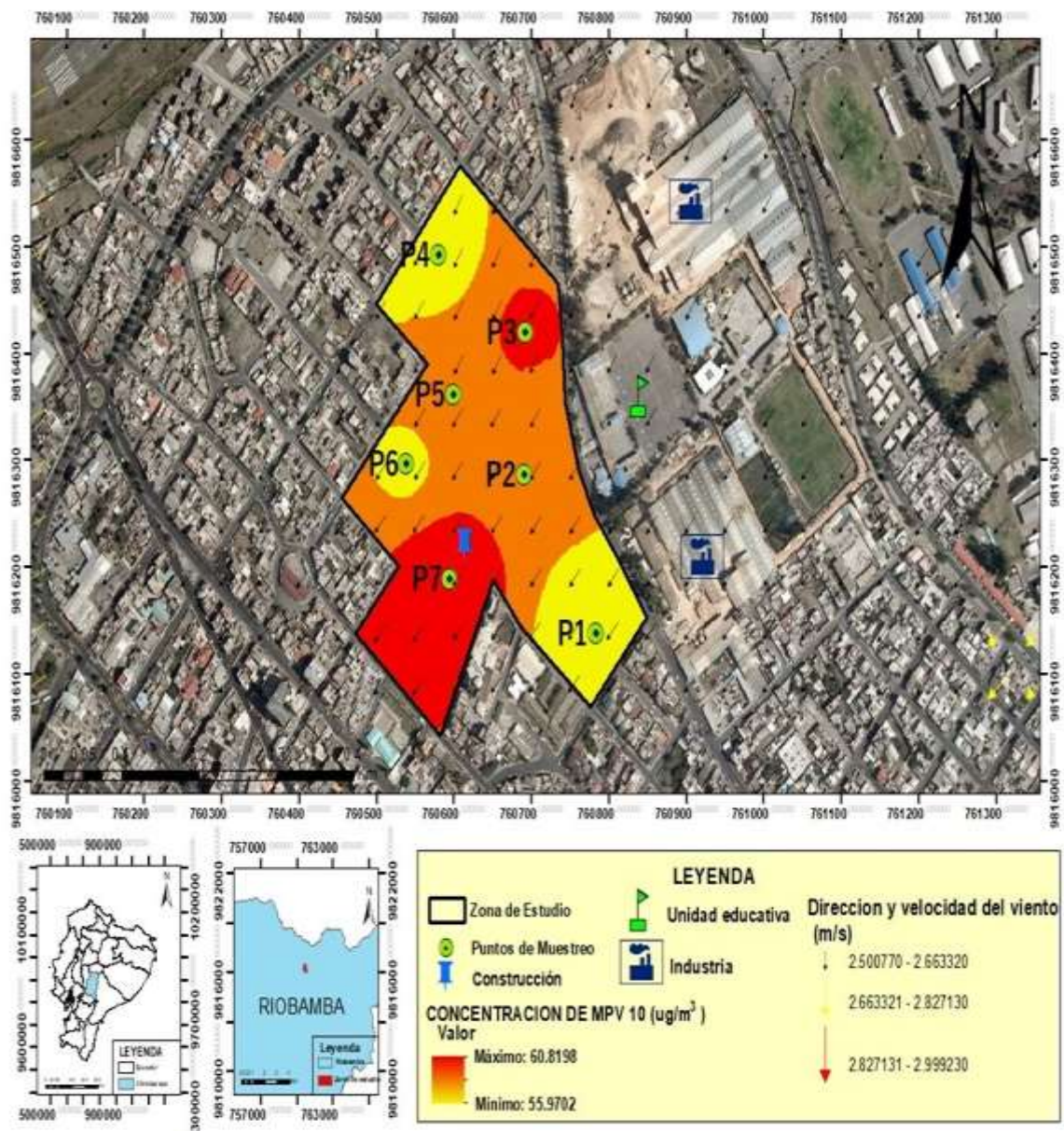


Figura 23: Simulación de la concentración de MPV_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fuentes: Autores, 2019

CONCLUSIONES:

- ✚ En conclusión, con los datos obtenidos del monitoreo en el barrio “Los Pinos”, se pudo constatar que en los siete puntos de muestreo la concentración del MPS supera los límites máximos permisibles establecidos por la “OMS” y “TULSMA”, no obstante, se puede recalcar que el punto 1 con un valor de 0.62 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$) cumple con la normativa establecida en el “TULSMA”, ya que tal valor se encuentra en $1 \text{ cm}^2/\text{mes}$. Las elevadas concentraciones de MPS presentes en la zona de estudio se debe principalmente a la presencia de la industria cercana, esto se puede constatar en el punto 3 que es el punto más cercano a la fuente de contaminación presentando una de las mayores concentraciones de MPS, y en el punto 7 se debe a una construcción presente cerca del punto de monitoreo que genera gran cantidad de MPS.
- ✚ Respecto al MPV se obtuvo valores de concentración que sobrepasaron los límites máximos permisibles establecidos por la “OMS” tanto en $\text{MP}_{2.5}$ y MP_{10} , en los días de monitoreo 1y2 las concentraciones obtenidas se encuentran por sobre los límites establecidos por el “TULSMA”, esto se debe a que las instituciones escolares se encontraban culminando su ciclo escolar lo cual generaba un tráfico vehicular en las horas pico provocando la concentración de material particulado en la zona de estudio, en los días restantes del monitoreo todos cumplen los límites establecidos por la normativa del “TULSMA” ya que se encuentra por debajo ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) establecidos en dicha norma.
- ✚ La micrografía de material particulado sedimentable de los diferentes puntos de muestreo, posee una morfología de partículas de formas irregulares, planas y laminares con diámetros menores a 2 micras, y el análisis químico elemental muestra que las partículas analizadas contienen elementos químicos como O, Al, Si, Mg, Fe, Tn, Ca, Co y K, que son los principales elementos que conforman las arcillas, fedelpasto, cuarzo, calsita y pirita que provienen de la materia prima utilizada en la industria presente del sector.
- ✚ Se presento la simulación de la concentración del material particulado donde se puede apreciar que la dirección del viento ayuda a la dispersión del contaminante hacia la zona de estudio, presentando su mayor concentración en el punto 3 y 7 los cuales son los que se encuentra cercanos a las fuentes de contaminación.

RECOMENDACIONES:

- ✚ Es recomendable realizar un monitoreo en los diferentes meses del año, para conocer las posibles variaciones de MPS y MPV por la influencia y velocidad del viento, dando así un diagnóstico más certero de la calidad de aire del sector.
- ✚ Es necesario renovar y adquirir equipos de monitoreo para poder reducir el grado de error, y obtener datos más confiables.
- ✚ Se necesita incrementar el número de estudios alrededor de la industria, debido a que no se sabe a ciencia cierta cuál es el verdadero alcance de la contaminación atmosférica generada por la presencia de dicha empresa, que se encuentra afectando a la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambiente, m. d. (2010). *Plan nacional de la calidad del aire*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Ambiente, s. d. (2017). *Informe de la calidad del aire*. Obtenido de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/secretaria_ambiente/red_monitoreo/informacion/ica2016.pdf
- Andino, P. D. (2017). "*Material particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales tipo miduvi*". Obtenido de http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25950/1/Tesis_t1279mshi.pdf
- Berzelius, J. (2018). *Lenntech propiedades químicas del silicio-efectos del silicio sobre la salud-efectos ambientales del silicio*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/si.htm>
- Díaz, V. (06 de 2016). *Calidad del aire en quito informe anual*. Obtenido de Parámetros de calidad del aire.: http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf
- EPA. (19 de 01 de 2017). *Conceptos básicos sobre el material particulado PM, por sus siglas en inglés*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- Inamhi, D. d. (2014). *Anuario meteorológico 2014*. Obtenido de <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/35393-inamhi-anuarios-metereol%C3%B3gicos-en-pdf>
- INEC. (2015). *El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-cinco-anos/>
- Istas. (07 de 2012). *Productos químicos nocivos para la atmósfera*. Obtenido de <https://risctox.istas.net/en/index.asp?idpagina=615>
- Lillo, D. D. (09 de 2015). *Evaluación de los efectos agudos en la función pulmonar por exposición a material particulado fino (mp2.5) en niños que viven próximos a una playa masivamente contaminada con relaves mineros. chañaral, chile*. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2015/hdl_10803_333059/ddc11de1.pdf
- López, S. L. (2016). *Evaluación de la contaminación atmosférica respecto al material particulado menor a 10µm, en el casco urbano del municipio de ocaña, norte de santander*. Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1521/1/28733.pdf>
- Mae. (29 de 03 de 2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Mae, M. d. (04 de 05 de 2015). *Reforma texto unificado legislación secundaria, medio ambiente, libro VI*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerto-61.pdf>
- Marcano, J. E. (2009 - 2019). *La contaminación atmosférica*. Obtenido de https://jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf2.html?fbclid=IwAR33hVLJLm7aFSBZjAe_KxARf2nmIS3Cao8fUuYuHb1nbe2eIGvGSpd-64U

- Marcos Huatuco, R. V. (01 de 2012). *Contaminación del aire por material particulado en la ciudad universitaria- unmsm*. Obtenido de https://guzlop-editoras.com/web_des/med02/saludpublica/pld0456.pdf
- Mejía, R. Z. (19 de 01 de 2018). *Análisis de partículas sedimentables y niveles de presión sonora en el área urbana y periférica de cuenca*. Obtenido de <file:///C:/Users/Eri/Downloads/1792-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6333-1-10-20181119.pdf>
- Naturales, m. d. (s.f.). *Índice centroamericano de la calidad del aire*. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/indice-centroamericano-de-la-calidad-del-aire/>
- OMS. (02 de 05 de 2018). *Calidad del aire y salud*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Rafino, M. E. (16 de 01 de 2019). *Qué es la contaminación atmosférica*. Obtenido de <https://concepto.de/contaminacion-atmosferica/>
- Rubén Marcos, M. C. (2010). *Estudio de los niveles de contaminación del aire por material particulado en la ciudad universitaria- unmsm*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/Publicaciones/rev_cedit/2008_V03/pdf/a06v3.pdf?fbclid=IwAR3_BavCsB79uUiSkE5loZEhcgRAiBeBHHzRk_CTf1GaOfAzCrDju5EkVwY
- Ruiz, C. (2010). *Caracterización del material particulado en las principales vías del transporte público y masivo del centro de Bogotá*. Obtenido de [file:///C:/Users/Eri/Downloads/Materialparticulado%20transporte%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Eri/Downloads/Materialparticulado%20transporte%20(1).pdf)
- Salud, M. (27 de 06 de 2016). *Partículas en suspensión y salud*. Obtenido de http://madridsalud.es/particulas-en-suspension-y-salud/?fbclid=IwAR0AxReUrf-1gVM5Q4I_5DfCNhuZMnMOLYa-fFB3xQjRREk3iUwEtsA1R8A
- Santillan, P. (2016). *Estimación del grado de contaminación de material particulado atmosférico y sedimentable en el laboratorio de servicios ambientales de la unach*. Obtenido de <http://ceaa.epoch.edu.ec:8080/revista.perfiles/Articulos/Perfiles16Art5.pdf>
- Suárez, C. A. (12 de 08 de 2011). *Diagnóstico y control de material particulado*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727348012.pdf>
- Unidos, A. d. (2017). *Efectos del material particulado (mp) sobre la salud y el medioambiente*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Zhang, S. Z. (2014). *The effect of meteorological elements on continuing heavy air pollution: a case study in the chengdu smog during the 2014 spring festival*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/260211119>

ANEXOS:

Anexo 1: Análisis en el Laboratorio.

Peso inicial de Papel Filtro.



Fuente: *Los autores, 2019*

Materiales a Utilizar.



Fuente: *Los autores, 2019*

Materiales a Utilizar.



Fuente: *Los autores, 2019*

Muestras de estudio a Secar.



Fuente: *Los autores, 2019*

Muestras Secadas para análisis Microscópico.



Fuente: *Los autores, 2019*

Muestras de MPS de los 7 puntos de la zona de estudio.



Fuente: *Los autores, 2019*

Anexo 2. Recopilación de Datos.

Georreferenciación de la zona de estudio.



Fuente: *Los autores, 2019*

Instalación de equipos para MPS.



Fuente: *Los autores, 2019*

Instalación de Equipos.



Fuente: *Los autores, 2019*

Monitoreo con el equipo DustTrak II.



Fuente: *Los autores, 2019*

Revisión de Muestras.



Fuente: *Los autores, 2019*

Muestras de MPS de los 7 puntos de la zona de estudio para comenzar a utilizar.



Fuente: *Los autores, 2019*