

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE AMBIENTAL**

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

**TRABAJO DE TITULACIÓN.**

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL MATERIAL PARTICULADO  
SEDIMENTABLE, DE LOS BARRIOS LA MATRIZ DEL CANTÓN CHAMBO  
Y LOS PINOS DEL CANTÓN RIOBAMBA.**

**Autor:**

ONCE MUÑOZ DANNY RUBÉN

**Tutor:**

Ing. Guido Patricio Santillán Lima MsC.

Riobamba - Ecuador

Año 2021

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE, DE LOS BARRIOS LA MATRIZ DEL CANTÓN CHAMBO Y LOS PINOS DEL CANTÓN RIOBAMBA.”**.

Presentado por: Once Muñoz Danny Rubén por: el Ing. Patricio Santillán MsC.

Una vez escuchado la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual 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. María Fernanda Garcés MsC.



Miembro del Tribunal

---

Firma

Ing. María Fernanda Rivera MsC.



Miembro 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: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y VOLÁTIL, DE LOS SECTORES CALPI Y EL BARRIO LOS PINOS DEL CANTÓN RIOBAMBA”**, ha sido elaborado por ONCE MUÑOZ DANNY RUBÉN, 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.



---

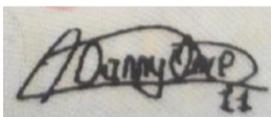
**Ing. Patricio Santillán MsC.**

**C.I. 060278077-7**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, ONCE MUÑOZ DANNY RUBÉN, con cedula de identidad No. 060424704.9 hago constar que soy autor del presente trabajo de investigación, titulado: “**ESTUDIO COMPARATIVO DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE, DE LOS BARRIOS LA MATRIZ DEL CANTÓN CHAMBO Y LOS PINOS DEL CANTÓN RIOBAMBA**”, el cual constituye una elaboración, dirigida por el Tutor del Proyecto, Ing. Guido Patricio Santillán Lima MSc

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.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Danny Rubén Once Muñoz', with a small mark below it.

---

**Danny Rubén Once Muñoz**

**C.I. 060424704-9**

## **AGRADECIMIENTO**

Dios, tu amor y tu bondad no tiene fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo tu eres mi fortaleza, aprendo de mis errores y me doy cuenta que lo pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mis expectativas, gracias a mi madre Laura por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que su compañía y la llegada de sus cafés era para mí como agua en el desierto; gracias a mi padre Rubén por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

A Mis hermanos Cristian y Mishell quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento y supieron darme un consuelo cuando la ausencia de los míos se hacía notar, sin ustedes este merito no se hubiese conseguido.

Al Psicólogo clínico Alfredo Palacios por su paciencia, apoyo y la confianza incondicional de haberme apoyado a concluir con mi tesis,

Al Ing. Pedro Cando por regalarme palabras de fortaleza y quien se ha convertido un amigo de verdad.

A mis amigos que son la familia que Dios puso en mi camino Jonatan, Fernando, Paul, Viviana, Jorge, Cinthya, Luis, Cristian que me dieron palabras de aliento para poder culminar mi carrera universitaria.

A ti, Dios de mis padres, te alabo y te doy gracias. Me has dado sabiduría y poder, me has dado a conocer lo que te pedimos... (Daniel 2:23)

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por ser un Dios de misericordia.

Gracias por estar presente no solo en este logro tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona que ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios.

A mi madre Laura, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño, comprensión y apoyo incondicional sin importar las circunstancias. A mi padre, ya que el ha sido quien me ha inculcado el valor de estudiar y ser mejor en todos los aspectos de mi vida.

A mis hermanos Cristian y Mishel quienes siempre me ayudaron con palabras de aliento en todo el transcurso de mi carrera universitaria.

A uno de los mejores amigos que Dios me ha regalado Jonatan Uvidia, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por compartir juntos yo sé que me estas cuidando desde el cielo, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS**

**Al:** Aluminio

**C:** Carbón

**CO:** Óxidos de carbono

**COV:** Compuestos orgánicos volátiles

**HAP:** hidrocarburos aromáticos policíclicos

**LMP:** límites máximos permisibles.

**MP:** Material particulado

**MPS:** material particulado sedimentable

**NOx:** Compuestos nitrogenados

**OMS:** Organización mundial de la salud

**O:** Oxígeno

**PM10:** partículas sedimentables

**PM2.5:** partículas volátiles

**Sb:** Antimonio

**Si:** Silicio

**SOx:** Compuestos azufrados

**Rb:** Rubidio

**TULSMA:** el texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente

**Ta:** Tantalio

**W:** Wolframio

**µm:** micrómetros.

## 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
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLA .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRAC.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	2
1.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACION.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Contaminación Atmosférica. ....	4
2.2. Clasificación de los contaminantes atmosféricos.....	4
2.3. Generación de MP.....	5
2.4. Material particulado. ....	6
2.5. Material particulado sedimentable (MPS).....	7
2.6. Condiciones Climáticas. ....	7
2.6.1. Viento.....	7
2.6.2. Precipitación.....	8
2.7. Efectos del MP.....	8
2.7.1. Hacia la salud .....	8
2.7.2. Efectos sobre el ambiente.....	9
2.8 Límites máximos permisibles de calidad de aire. ....	9
2.8.1. Límites máximos permisibles según la OMS.....	9
2.8.2. Límites máximos permisibles según el TULSMA. ....	10
III. MARCO METODOLÓGICO.....	10

3.1. Tipo de estudio.....	10
3.2. Áreas de estudio.....	10
3.2.1. Barrio la Matriz cantón Chambo.....	10
3.2.2. Barrio los Pinos del cantón Riobamba.....	11
3.3. Análisis comparativo de MP sedimentable.....	12
3.4. Simulación del material particulado sedimentable .....	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4.1. Puntos de monitoreo.....	13
4.2. Concentración y análisis descriptivo del MPS.....	15
4.3. Análisis estadístico comparativo de MPS.....	16
4.4. Composición química del MPS.....	17
4.5. Simulación de la dispersión del MPS.....	20
V. CONCLUSIONES.....	23
VI. RECOMENDACIONES.....	25
VII BIBLIOGRAFÍA.....	26
VIII. ANEXOS.....	30
8.1. Límites máximos permisibles por la legislación internacional vigente OMS.....	30
8.2. Límites máximos permisibles por la legislación nacional vigente TULSMA.....	30
8.3. Estaciones meteorológicas del barrio los Pinos Riobamba.....	30
8.4. Estaciones meteorológicas del barrio la Matriz Chambo.....	30
8.5. Análisis estadístico y prueba Tukey al 5% MPS los Pinos.....	31
8.6. Análisis estadístico y prueba de Tukey al 5% MPS la Matriz.....	31
8.7. Composición química en % del MPS del barrio los Pinos.....	32
8.8. Composición química en % del MPS del barrio la Matriz.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Barrio la Matriz del Cantón Chambo .....	11
Figura 2. Barrio los Pinos Riobamba. ....	12
Figura 3. Puntos de monitoreo del MPS del barrio los Pinos.....	14
Figura 4. Puntos de monitoreo del MPS del barrio la Matriz.....	14
Figura 5. Comparación de valores de MPS de barrio los Pinos y del barrio la Matriz con los LMP establecidos por la OMS y TULSMA. ....	16
Figura 6. Puntos con valores de MPS del barrio los Pinos y el barrio la Matriz. ....	17
Figura 7. Composición química MPS del barrio los Pinos. ....	19
Figura 8. Composición química MPS del barrio la Matriz. ....	20
Figura 9. Modelo de dispersión del MPS en el barrio los Pinos. ....	21
Figura 10. Modelo de dispersión del MPS en el barrio la Matriz.....	22

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Contaminantes primarios y secundarios. ....	4
Tabla 2. Coordenadas geográficas del barrio los Pinos. ....	13
Tabla 3. Coordenadas geográficas del barrio la Matriz. ....	13
Tabla 4. Coordenadas geográficas del barrio los Pinos. ....	15
Tabla 5. Coordenadas geográficas del barrio la Matriz. ....	15
Tabla 6. Prueba de Tukey, análisis estadístico MPS. ....	17
Tabla 7. Prueba de Tukey, análisis estadístico MPS. ....	19

## RESUMEN

La presente investigación muestra dos estudios realizados en el barrio los Pinos del cantón Riobamba y el barrio la Matriz del cantón Chambo en 7 puntos de muestreo ubicados en cada área de estudio donde se obtuvieron datos de material particulado sedimentable (MPS), para ser analizados y comparados con los límites máximos permisibles (LMP) de la organización mundial de la salud (OMS) y del texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) con la ayuda del software estadístico MINITAB ejecutando una prueba de Tukey al 5% y generando una simulación de la dispersión del contaminante por medio de un sistema de información geográfica.

Los valores de concentración de MPS en el barrio los Pinos en el periodo julio-agosto de 2019 sobrepasan los LMP de la normativa internacional (OMS) y también de la normativa nacional (TULSMA), mientras que en el barrio la Matriz en el periodo enero-febrero de 2019 los datos de MPS cumplen con la normativa nacional (TULSMA), pero no con la internacional (OMS).

En la simulación de la dispersión del MPS indica que en el barrio los Pinos la velocidad promedio es 1,97 m/s en dirección sureste, en tanto que en el barrio la Matriz la velocidad promedio es de 4,31 m/s en dirección noreste; la presencia del casco urbano interfiere en la dispersión del contaminante.

**Palabras claves:** Los Pinos, Matriz, Chambo, Riobamba, MPS, límites máximos permisibles, OMS, TULSMA, MINITAB, sistema de información geográfica, simulación de la dispersión, casco urbano.

## ABSTRAC

This research presents two studies in the Los Pinos neighborhood of Riobamba city and the La Matriz neighborhood of Chambo canton. The research was applied in seven sampling points located in each study area where data on sedimentary particulate material (MPS) were obtained. The information was analyzed and compared with the maximum permissible limits (MPL) of the World Health Organization (WHO) and the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA). The MINITAB statistical software was applied by running a Tukey test at 5% and generating a simulation of pollutant dispersion through a geographic information system.

The MPS concentration data shows that in the Los Pinos neighborhood in the July August 2019 period, the values exceed the LMP of the international regulations (OMS) and also of the national regulations (TULSMA), while in the Matriz neighborhood In the period January-February 2019, the MPS data comply with the national regulations (TULSMA), but not with the international (OMS).

In the simulation of the dispersion of the MPS, it indicates that in the Los Pinos neighborhood, the average speed is 1.97 m / s in a southeast direction, while in the Matriz neighborhood, the average speed is 4.31 m / s in the direction northeast; the presence of the urban area interferes with the dispersion of the pollutant.

Keywords: Los Pinos, Matriz, Chambo, Riobamba, MPS, maximum permissible limits, OMS, TULSMA, MINITAB geographic information system, dispersion simulation, urban area.

Reviewed by:

Mgs. Lorena Solís Viteri

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0603356783

## INTRODUCCIÓN

El material particulado es considerado uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se toma en cuenta como el conjunto de partículas sólidas y/o líquida presentes en suspensión en la atmósfera, este contaminante puede ser originado por fuentes naturales o antropogénicas y son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (Lara, 2018)

La investigación de (Arciniegas, 2012), dice que esta contaminación en las ciudades está ligada directamente a las actividades antropogénicas, donde se conjugan el transporte vehicular, la actividad industrial, el movimiento de las personas, los espacios con poca ventilación, y el microclima característico de la urbe.

Este ha sido el caso del barrio la matriz del cantón Chambo donde el material particulado está relacionado con la producción artesanal de ladrillos allí existen alrededor de 46 hornos artesanales para la elaboración de ladrillos. En los cuales se han conformado como una asociación donde realizan actividades estratégicas para recolectar toda la materia prima para la producción a pequeña y mediana escala, la afectación ocurre cuando entran al proceso de combustión estas quedan suspendidas en el aire (Gallo & Paredes, 2019b). Así también podemos visualizar en el barrio los Pinos del cantón Riobamba esta problemática donde el crecimiento demográfico ha aumentado considerablemente, extendiéndose cada año, debido a la ubicación y la influencia de la industria en dicho sector que está provocando material particulado en varios procesos, a esto sumado el aumento del parque automotor, la dirección y velocidad del viento en el sector, representan una amenaza para la calidad de vida de las personas (Ortiz & Tigsí, 2020).

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar mediante un sistema de información geográfica cual, de los barrios estudiados, la Matriz del cantón Chambo o el barrio los Pinos del cantón Riobamba, tiene más afectación por incidencia industrial y como el material particulado sedimentable se distribuye a través de los mismos.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **1.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Se ha señalado una relación directa entre la exposición a altas concentraciones de partículas y los niveles de mortalidad y movilidad de la población estimando que dicha exposición puede causar 3,7 millones de muertes prematuras en todo el mundo. Si bien las partículas naturales o antropogénicas representan una mayor proporción de la masa total del material particulado (MP), su número es mayor y las partículas finas y ultrafinas (del orden de los nanómetros) presentan mayores efectos sobre la salud humana (Egas et al., 2018).

Como dice Páez (2012) la contaminación atmosférica por material particulado en el Ecuador establece que de las ciudades que tienen poblaciones urbanas superiores a los 100 mil habitantes y que por su densidad poblacional y la concentración de actividades socioeconómicas son firmes candidatas a la contaminación atmosférica han existido casos de neumonía, esta enfermedad tiene una tasa de 19 casos por cada 100 mil habitantes originaria por material sedimentable que produce partículas sedimentables (PM10) y partículas volátiles (PM2.5), y por residuos o productos secundarios gaseosos, sólidos o líquidos, que ponen en peligro la salud del ser humano y de la biodiversidad, deteriora el patrimonio cultural, reduce la visibilidad y produce olores desagradables.

La problemática de este trabajo se basa en diferentes factores como el mal plan de ordenamiento territorial, en donde no se toman en cuenta factores como el crecimiento demográfico tanto en el cantón Chambo como en el cantón Riobamba, así como la desordenada distribución del parque industrial y no tener acceso a información referida al tema ambiental por parte de los ciudadanos

### **1.2. JUSTIFICACION.**

El aire limpio es un requerimiento básico para la salud y el bienestar humano, la contaminación atmosférica representa un problema de salud pública a nivel global, ya que está directamente relacionada con afectaciones a la salud incluso cuando los contaminantes están presentes en bajas concentraciones, causando alrededor de dos millones de muertes prematuras al año. A pesar de que en los últimos años se ha realizado un importante esfuerzo por disminuir este riesgo, se estima que aproximadamente un 25% de la población mundial está expuesta a concentraciones altas de contaminantes en el aire

que respiran, principalmente en áreas urbanas; los efectos de estas concentraciones recaen con mayor peso en los segmentos más vulnerables de la población. (Bazante, 2015)

Siendo por eso de vital importancia la difusión de la información acerca de esta problemática que afecta directamente a la población aledaña en el barrio La Matriz ya que todas las ladrilleras existentes en el sector se encuentran en constante funcionamiento, además de ello los moradores en general transitan por estos lugares a diario. (Gallo & Paredes, 2019b)

Como en el barrio los Pinos del cantón Riobamba puesto que las partículas que genera la industria cercana al sector, 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 (Ortiz & Tigsí, 2020).

En este estudio se plantea determinar los niveles de contaminación de material particulado sedimentable, ya obtenidas en estudios anteriores de las ladrilleras del sector la Matriz y de la industria cercana al sector los Pinos, estos datos fueron obtenidas en un periodo de 30 días en 7 puntos de muestreo de cada área de estudio, y se analizara las composiciones y estructura química.

### **1.3. OBJETIVOS.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

- ✓ Realizar un análisis comparativo del material particulado sedimentable, de las ladrilleras del sector la Matriz del cantón Chambo y el barrio Los Pinos del cantón de Riobamba.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- ✓ Desarrollar un análisis comparativo del material particulado sedimentable, por incidencia industrial de los sectores la Matriz del cantón Chambo y el barrio Los Pinos del cantón de Riobamba.
- ✓ Realizar una simulación de la dispersión del material particulado sedimentable, por incidencia industrial de los sectores la Matriz del cantón Chambo y el barrio Los Pinos del cantón de Riobamba usando sistemas de información geográfica.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Contaminación Atmosférica.

Según Gallo & Paredes, (2019), la contaminación del aire describe un estado de impurificación de la atmósfera por inyección y presencia temporal en ella de materia gaseosa, líquida o sólida, o radiaciones solares ajenas a su composición natural o en proporción superior aquella.

Se definen como contaminantes del aire, sustancias que están presentes en la atmósfera y afectan de manera adversa a la salud de humanos, animales, plantas o vida microbiana; dañan materiales o interfieren con el disfrute de la vida.

Según lo anteriormente enunciado, casi cualquier sustancia natural o sintética que puede presentarse como partícula sólida, gota líquida, gas o mezcla de estas formas y capaz de ser transportada por el viento puede clasificarse como contaminante.

La contaminación atmosférica afecta a las ciudades por medio de gases y aerosoles atmosféricos o material particulado (MP). El MP es una mezcla compleja de partículas sólidas y líquidas de diferente origen, tamaño, forma y composición química. Las emisiones a la atmósfera están relacionadas directamente con el cambio climático que pueden agudizar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los ciudadanos (Martín et al., 2018).

### 2.2. Clasificación de los contaminantes atmosféricos.

El Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile, (2016), los contaminantes de la atmósfera consisten en una gran variedad de gases, vapores y partículas, cuya presencia y cantidad afecta a las personas, las plantas, los animales y los materiales y se pueden clasificar:

**Tabla 1.** Contaminantes primarios y secundarios.

<b>Contaminantes Primarios</b>	<b>Contaminantes Secundarios</b>
Óxidos de carbono (CO)	O <sub>3</sub> (troposférico)

Compuestos nitrogenados (NOx,)	Hidrocarburos oxidados
Compuestos azufrados (SOx)	Aerosoles orgánicos secundarios
Material Particulado (MP10 y MP2,5)	Sulfatos
Hidrocarburos	Nitratos
Metales	Material Particulado secundario

**Fuente:** (Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile, 2016)

### 2.3. Generación de MP.

El material particulado se define como la mezcla heterogénea de materia sólida y/o líquida presente en suspensión en la atmósfera, el MP se presenta en diferente tamaño o diámetro aerodinámico y varía de 0.001 a 100 micras dependiendo de la temperatura, humedad y velocidad del viento. En función del mismo, este contaminante se clasifica en dos grupos, el primero se conforma de las partículas de mayor tamaño que en condiciones normales se depositan por acción de la gravedad, y constituyen la materia sedimentable o polvo; y en el segundo grupo se consideran las partículas denominadas como aerosoles o partículas en suspensión, cuyo diámetro menor les permite formar suspensiones estables en el aire dotadas de movimiento browniano (Bravo, 2017).

Y como indica el (Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile, 2016), los contaminantes pueden ser originados mediante procesos naturales y también por la acción y actividades de la humanidad. Es por ello que según la naturaleza de la fuente emisora pueden ser clasificadas en biogénicas o antropogénicas.

**Fuentes biogénicas** Corresponden a los eventos de contaminación producidos por fenómenos propios de la naturaleza. Entre éstos se encuentran las erosiones, los incendios forestales, las erupciones volcánicas, la descomposición de la vegetación y tormentas de polvo.

**Fuentes antropogénicas** Estas corresponden a actividades o intervenciones que realizan las personas, siendo la principal causa la combustión de materiales, sea ésta originada por las industrias, los vehículos o en el hogar. Esta clasificación tiene a su vez una subdivisión en tres grupos: las fuentes fijas, las fuentes móviles y las fuentes fugitivas.

**Fuentes fijas** corresponden a aquéllas situadas en un lugar físico particular, definido e inamovible. Considera las emisiones generadas por la quema de combustibles producto de actividades industriales y residenciales.

**Las fuentes móviles** corresponden a aquellas fuentes que sí pueden desplazarse: A éstas se asocian las emisiones de gases en tubos de escape, desgaste de frenos y neumáticos de distintos tipos de transporte motorizado, como automóviles, camiones, buses y motocicletas.

**Las fuentes fugitivas** comprenden emisiones que no son canalizadas por ductos, chimeneas u otros sistemas hacia el exterior, tales como aquellas provenientes del tránsito de vehículos por calles sin pavimentar, de la construcción y las demoliciones, entre otras.

#### **2.4. Material particulado.**

El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de Diesel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos. El MP no sedimenta en períodos cortos, sino que permanece suspendido en el aire debido a su tamaño y densidad. Estas partículas en suspensión son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (Arciniegas, 2012).

Las medidas del MP en el aire urbano usadas para el estudio de sus efectos y regulación, incluyen un modo de núcleo, referido como partículas ultrafinas que tienen un diámetro aerodinámico menor a  $0,1 \mu\text{m}$  y que generalmente no permanecen en el aire debido a su rápida formación a partículas finas mediante coagulación; seguido por un modo de acumulación (diámetro aerodinámico entre  $0,1 \mu\text{m}$  y aproximadamente  $1 - 2,5 \mu\text{m}$ ), que cuenta como la mayoría de la masa de las partículas suspendidas y se deposita lentamente, por lo cual presenta un largo tiempo de vida en la atmósfera ( $5 - 10$  días), transporte de

miles de kilómetros, ingreso a espacios interiores y es mayormente ligado a efectos adversos en la salud, finalmente, un modo grueso (1 a 100  $\mu\text{m}$  o más) que se deposita relativamente rápido, con una vida media menor a dos días (Zegarra, 2018).

## **2.5. Material particulado sedimentable (MPS).**

Las partículas o polvo sedimentables están compuestas por partículas presentes en el aire que se depositan por acción de la gravedad o deposición seca, y por contaminantes gaseosos y partículas no sedimentables arrastradas por la lluvia o también conocida como deposición húmeda, se caracterizan por presentar velocidades de sedimentación apreciables, permaneciendo en la atmósfera por cortos periodos de tiempo. Estas partículas, son creadas por el rompimiento de grandes partículas en procesos como trituración, pulverización, perforaciones, explosiones, mezcla de materiales y en actividades como transporte, tamizado y barreduras.(Bravo, 2017)

Como dice Bravo (2017), en su estudio en Ecuador, algunas ciudades realizan un continuo monitoreo de este contaminante, es así que, en Quito, el Distrito Metropolitano a través de la Secretaría de Ambiente, reportó que, durante el año 2015, 9 de 43 puntos monitoreados superaron en al menos un mes, el límite de  $1\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot 30\text{días}$  para material sedimentable establecido en la Normativa Ambiental Ecuatoriana.

## **2.6. Condiciones Climáticas.**

La dispersión de los contaminantes tiene una estrecha relación existente entre las situaciones meteorológicas, tres factores meteorológicos que influyen directamente en los niveles de contaminación y que son el viento y la precipitación. El estudio de estos factores en una determinada zona es de gran utilidad, ya que permite conocer su capacidad potencial para la dispersión y eliminación de los contaminantes (Bazante, 2015).

### **2.6.1. Viento**

El viento es el movimiento del aire en relación con la superficie terrestre La causa principal de la generación de vientos es la diferencia de presiones existente entre dos puntos, que crea lo que se conoce como un gradiente de presión; el aire se desplaza desde zonas de presión alta hacia zonas de presión baja. Este gradiente es a su vez generado por el calentamiento diferenciado de la superficie terrestre y las masas de aire circundantes en lugares distintos, tal como se explicó previamente. El viento es uno de los principales

factores que afecta a la contaminación ambiental, ya que es capaz de diluir los contaminantes transportándolos lejos de su fuente, así como traer contaminantes de otros lugares o, en el caso del material particulado, ser una de sus causas. En este sentido, la velocidad del viento juega un rol importante, ya que ésta determina qué tan rápido pueden ser transportados los contaminantes (Bazante, 2015).

### **2.6.2. Precipitación.**

Como cita Bazante (2015), la precipitación es la caída de agua en cualquier estado desde la atmósfera hacia la superficie es causada por el movimiento de masas de aire que contienen vapor de agua hacia zonas altas de la atmósfera; en estas zonas, la masa de aire se enfría a través de diversos procesos, lo que genera una disminución en la capacidad de saturación del aire.

Para condensarse, el agua requiere de una superficie a la cual adherirse; las gotas se forman alrededor de partículas suspendidas en el aire, utilizándolas como núcleos de condensación. Las pequeñas gotas pueden crecer en tamaño al chocar con otras gotas, hasta hacerse lo suficientemente grandes y pesadas para vencer la resistencia del aire y caer a la superficie; de esta manera, la precipitación puede retirar contaminantes del aire y devolverlos a la superficie. Además, como se explicó en la sección correspondiente, algunos contaminantes gaseosos pueden diluirse en el agua o reaccionar con ella, formando ácidos que caen conjuntamente con las gotas y forman la denominada lluvia ácida (Bazante, 2015)

## **2.7. Efectos del MP**

### **2.7.1. Hacia la salud**

La contaminación del aire es un problema que afrontan muchas ciudades del mundo. Se caracteriza como la conglomeración de distintas sustancias presentes en la atmósfera emitidos en mayor medida por industrias y vehículos automotores, y esto tiene efectos a la salud en donde en términos generales, tanto las partículas finas como las gruesas pueden acumularse en el sistema respiratorio y están asociadas con numerosos efectos negativos en la salud. Las partículas gruesas pueden agravar condiciones respiratorias como el asma, mientras que la exposición a material fino está asociada con varios efectos graves, incluyendo la muerte (Bastidas, 2012).

### **2.7.2. Efectos sobre el ambiente**

Como señala Ortiz y Tigsi (2020) las partículas afectan al ambiente la contaminación atmosférica produce daños tanto estéticos como físicos en los materiales de forma que edificios, monumentos y obras de arte pueden verse perjudicadas por la deposición seca o húmeda del MP, así como:

**Deterioro en la visibilidad:** Las partículas finas (MP2,5) son la causa principal de visibilidad reducida en partes de las urbes, 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.

### **2.8 Límites máximos permisibles de calidad de aire.**

Los límites máximos permisibles (LMP) que se controlan en el Ecuador son de la organización mundial de la salud (OMS) y los que se encuentran estipulados en el texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA).

#### **2.8.1. Límites máximos permisibles según la OMS.**

Los LMP internacionales actuales sobre la calidad del aire de la OMS que se encuentra en el **Anexo 8.1**, estos se han elaborado para apoyar las medidas que se aplican a favor de una calidad del aire que sea saludable en diferentes circunstancias es necesario conocer los niveles de contaminación atmosférica, a fin de evaluar sus efectos en la salud y para la adopción de políticas y acciones, a fin de mantener la calidad del aire en el mejor nivel posible. (EMOV, 2018).

### **2.8.2. Límites máximos permisibles según el TULSMA.**

Se reconoce la necesidad de que cada país establezca sus propias normas al respecto para proteger la salud de sus ciudadanos basándose en las condiciones nacionales, en el caso del Ecuador la normativa que se encarga de controlar la calidad del aire es el TULSMA creada por el (MAE, 2017), en el decreto ejecutivo 3516 con el registro oficial edición especial 2 del 31 de marzo 2003, última modificación 29 de marzo de 2017.

En el TULSMA, los valores de LMP en la concentración de material particulado (MP) en la atmosfera se ubican en el libro VI, anexo 4 (MAE, 2017), como se señalan en el **Anexo 8.2.**

## **III. MARCO METODOLÓGICO.**

### **3.1. Tipo de estudio.**

En este estudio se realizó la comparación de la emisión de material particulado sedimentable (MPS) en dos barrios como es la Matriz del cantón Chambo y los Pinos del cantón Riobamba, debido a que en estas zonas se encuentran afectadas por incidencia industrial, y a su vez muchos de sus trabajadores no cuentan con el equipo necesario de protección.

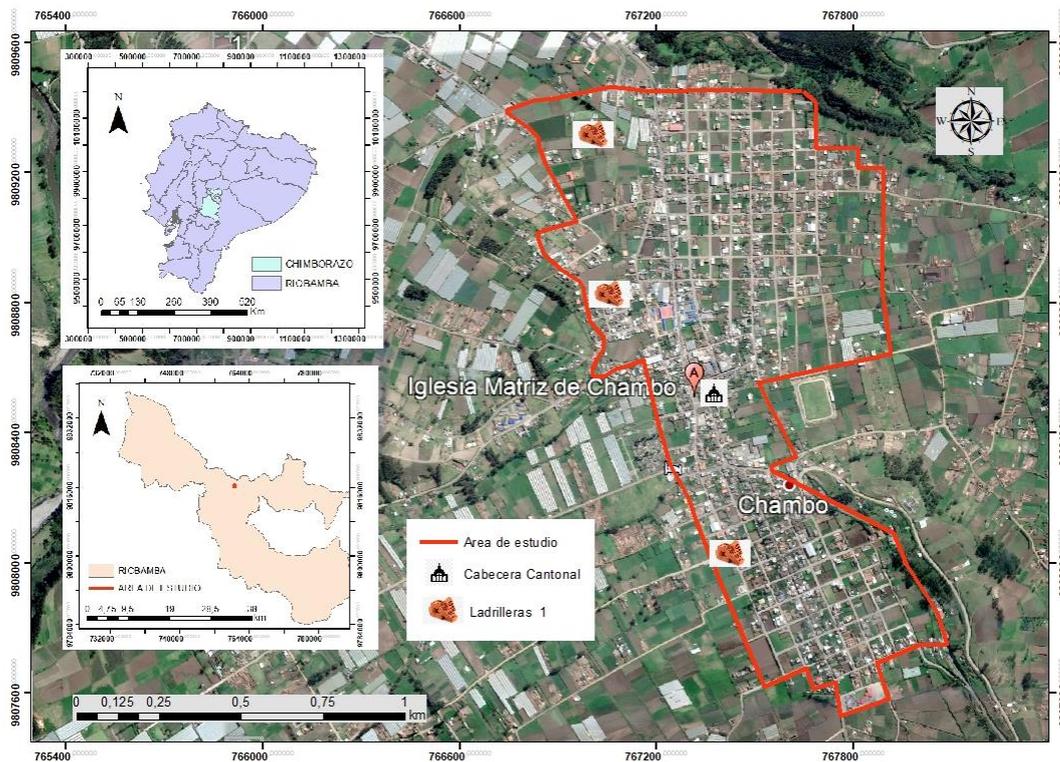
**No experimental:** Debido a que es un proceso donde no se aplicó muestreo, monitoreo y análisis en el laboratorio, el proyecto permite determinar qué sector es más afectado por el MPS.

**Transversal:** La comparación de los resultados de MPS de las dos investigaciones se dio en un periodo en un solo tiempo ya determinado.

### **3.2. Áreas de estudio.**

#### **3.2.1. Barrio la Matriz cantón Chambo.**

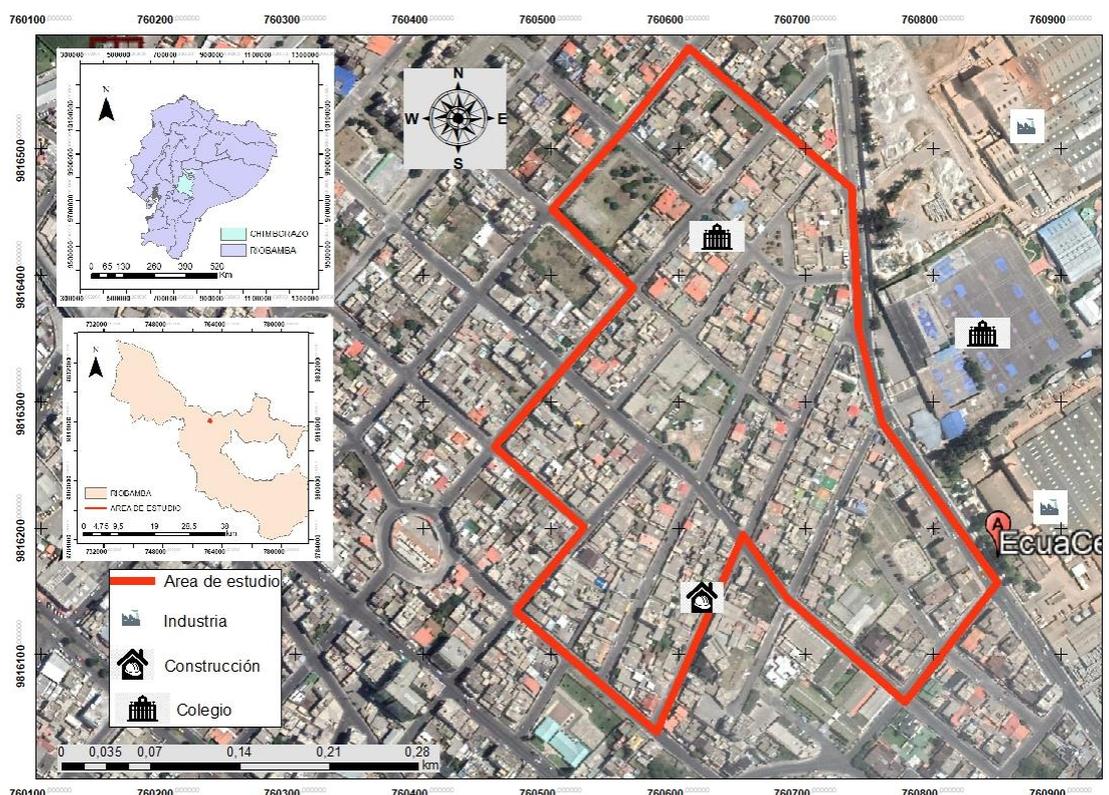
Chambo está ubicado a 8 km de la ciudad de Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo, a las faldas de los Montes Quilimás y Cubillínes de la cordillera oriental, a orillas del río que lleva su nombre. Su altitud va desde los 2400 a 4730 msnm. La superficie del cantón posee 162 km<sup>2</sup> que representa el 2,5% de la superficie de la provincia de Chimborazo.(Chambo, 2014). La extensión de la matriz del cantón Chambo es de 2,40 km<sup>2</sup>. **Figura 1**



**Figura 1.** Barrio la Matriz del Cantón Chambo  
**Elaboración.** Autor (2020)

### 3.2.2. Barrio los Pinos del cantón Riobamba.

El barrio los Pinos perteneciente a la parroquia urbana Juan de Velasco, ubicado en la ciudad de Riobamba **Figura 2**, la ciudad está situada a 2.754 metros sobre el nivel del mar, a 1° 41' 46" latitud Sur; 0° 3' 36" longitud Occidental del meridiano de Quito. Se encuentra a 175 km. al sur de la ciudad de Quito, en la región Sierra Central y es la capital de la Provincia de Chimborazo (Descentralizado, 2015)



**Figura 2.** Barrio los Pinos Riobamba.  
**Elaboración.** Autor (2020)

### 3.3. Análisis comparativo de MP sedimentable

Dentro del análisis comparativo del MPS se obtuvo tablas de resultados con datos de cada uno de los sectores obtenidos de los estudios de (Ortiz & Tigsí, 2020), (Gallo & Paredes, 2019b) para realizar la comparación de datos de concentración de MPS y análisis molecular de cada uno de los sectores con la ayuda del software estadístico MINITAB para después realizar una prueba de *Tukey* al 5% (Fallas, 2012) que nos permitió determinar cuál es la diferencia que existe en cada sector de acuerdo con la cantidad y composición de MPS de cada muestra tomada, con esto se podrá visualizar que industria tendría más incidencia en la contaminación atmosférica del lugar.

### 3.4. Simulación del material particulado sedimentable

Para la simulación, obtuvimos datos de los estudios de (Ortiz & Tigsí, 2020); (Gallo & Paredes, 2019b), con los cuales se extrajo información del material particulado sedimentable de los 14 puntos de muestreo, así como de datos de la velocidad y dirección del viento de las estaciones meteorológicas más cercanas a las áreas de estudio que son DAC- Riobamba, ESPOCH, UNACH, Macas y Tena (**Anexo 8.3** y **Anexo 8.4**) para que con la ayuda del método de interpolación Kriging (SIG), se pudo obtener un mapa del

comportamiento del material particulado y un mapa de análisis molecular de los contaminantes registrados por el microscopio electrónico de barrido en las áreas de los dos estudios esto permitirá evidenciar que áreas específicas se ven con mayor o menor riesgo a contraer enfermedades por los contaminantes, además se utilizó la herramienta fishnet donde permitirá crear capas vectoriales de esta forma podremos crear nuestra propia malla de cuadrículas empleando las dimensiones que más nos interesen y representar datos de abundancia enmascarando las coordenadas originales (Chirinos & Mallqui, 2016).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1. Puntos de monitoreo.

Los puntos de monitoreo del barrio la Matriz del cantón Chambo y el barrio de los Pinos del cantón Riobamba están delimitadas por un área de estudio y 7 puntos de monitoreo de MPS en coordenadas UTM como se muestran en la **Tabla 2,3** y en las **Figuras 3 y 4**.

**Tabla 2.** Coordenadas geográficas del barrio los Pinos.

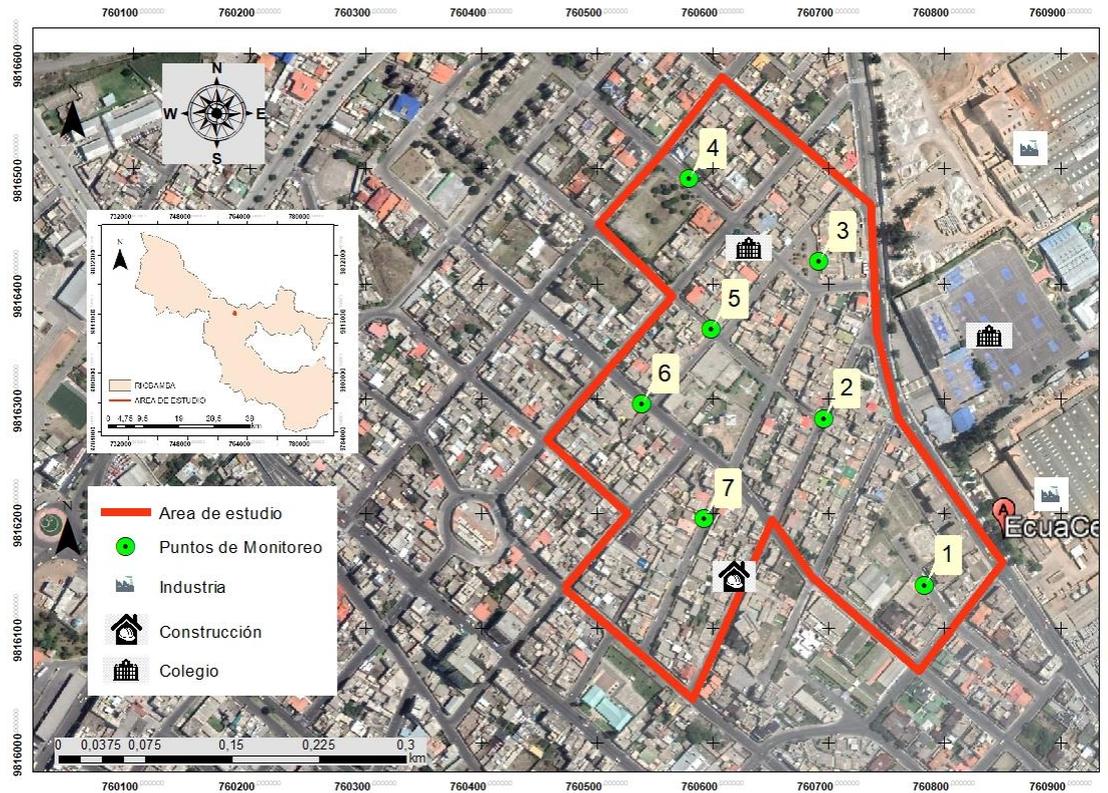
Puntos	Ubicación geográfica	
	X	Y
1P	760783	9816138
2P	752213	9595084
3P	760692	9816420
4P	760580	9816492
5P	760599	9816361
6P	760539	9816296
7P	760600	9616199

**Elaboración.** (Ortiz & Tigsi, 2020)

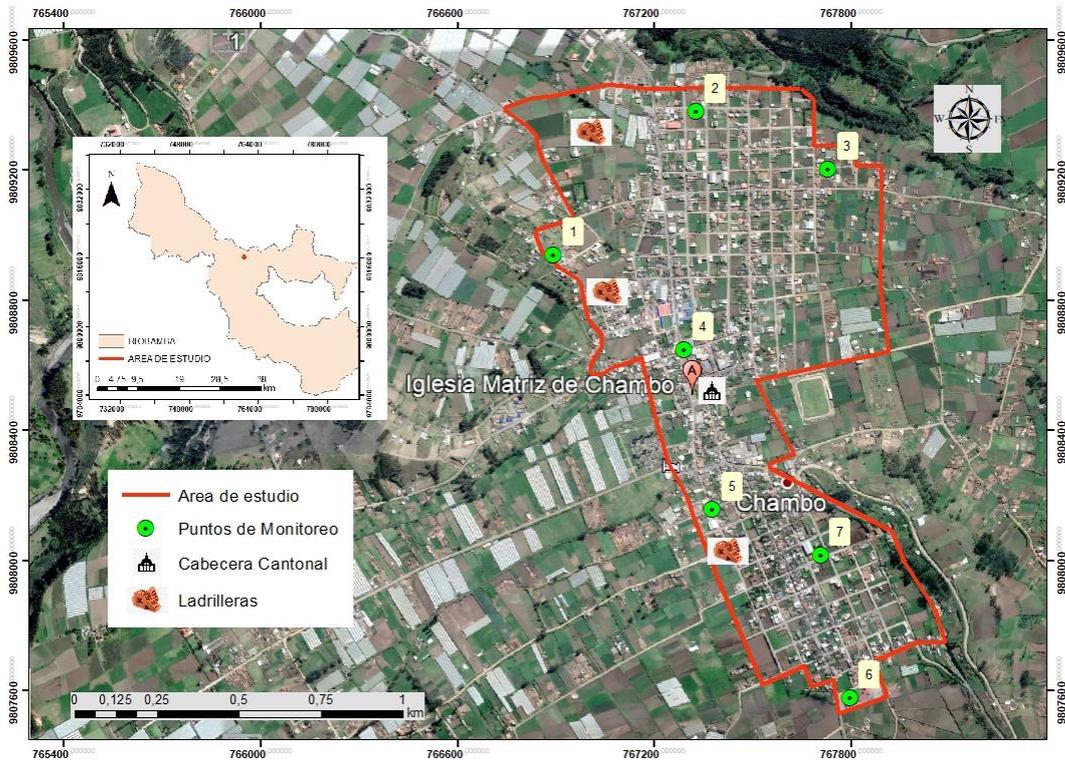
**Tabla 3.** Coordenadas geográficas del barrio la Matriz.

Puntos	Ubicación geográfica	
	X	Y
1M	766894	9808940
2M	767327	9809380
3M	767730	9809204
4M	767291	9808649
5M	767378	9808158
6M	767796	9807580
7M	767707	9808018

**Elaboración.** (Gallo & Paredes, 2019b)



**Figura 3.** Puntos de monitoreo del MPS del barrio los Pinos.  
**Elaboración:** Autor (2020)



**Figura 4.** Puntos de monitoreo del MPS del barrio la Matriz.  
**Elaboración:** Autor (2020)

#### 4.2. Concentración y análisis descriptivo del MPS.

Al examinar la información de los catorce puntos de monitoreo de los dos sectores de estudio, se obtuvieron los datos correspondientes al MPS de cada punto y se muestra los LMP establecidos por el TULSMA y la OMS respectivamente en las **Tablas 4 y 5**, donde se obtuvo un promedio de 3,80 mg/cm<sup>2</sup>/mes del barrio los pinos de Riobamba en el periodo julio-agosto de 2019 siendo así, que este valor sobrepasa los LMP propuesto por la OMS y el TULSMA, y en el barrio los Pinos un valor de 0,69 mg/cm<sup>2</sup>/mes en el periodo enero-febrero de 2019, donde dicho valor sobrepasa los límites permisibles establecidos por la OMS pero no del TULSMA.

**Tabla 4.** Coordenadas geográficas del barrio los Pinos.

PUNTOS	MPS mg/cm <sup>2</sup> /mes LOS PINOS	LMP OMS mg/cm <sup>2</sup> /mes	CUMPLE	LMP TULSMA mg/cm <sup>2</sup> / mes	CUMPLE
1P	0,62	0,5	NO	1	SI
2P	1,9	0,5	NO	1	NO
3P	6,1	0,5	NO	1	NO
4P	2,52	0,5	NO	1	NO
5P	3,58	0,5	NO	1	NO
6P	2,46	0,5	NO	1	NO
7P	9,4	0,5	NO	1	NO
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,80</b>	<b>0,5</b>		<b>1</b>	

Elaboración. (Ortiz & Tigsí, 2020)

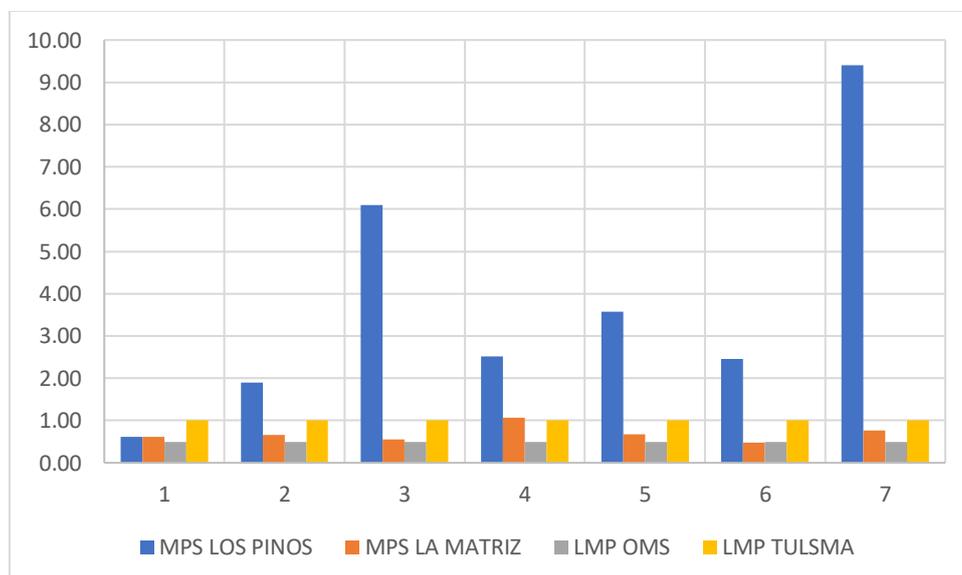
**Tabla 5.** Coordenadas geográficas del barrio la Matriz.

PUNTOS	MPS mg/cm <sup>2</sup> /mes LA MATRIZ	LMP OMS mg/cm <sup>2</sup> /mes	CUMPLE	LMP TULSMA mg/cm <sup>2</sup> / mes	CUMPLE
1M	0,61	0,5	NO	1	SI
2M	0,66	0,5	NO	1	SI
3M	0,55	0,5	NO	1	SI
4M	1,07	0,5	NO	1	NO
5M	0,67	0,5	NO	1	SI
6M	0,48	0,5	SI	1	SI
7M	0,76	0,5	NO	1	SI
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,69</b>	<b>0,5</b>		<b>1</b>	

Elaboración. (Gallo & Paredes, 2019b)

En la **Figura 5** se observa la comparación de valores de MPS del barrio Los Pinos y el barrio la Matriz con los LMP por la OMS y TULSMA, donde se identifica que los puntos

de monitoreo del 2 al 7 del barrio los Pinos sobrepasan los LMP de la norma nacional e internacional y el punto 1 con una concentración de  $0.62 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  es el único que cumple con la normativa del TULSMA y no de la OMS. En el barrio de la Matriz el punto 4 de  $1,07 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  no cumple la norma nacional ni la internacional mientras que los puntos 1,2,3,5,7 no cumplen con los LMP establecidos por la OMS, pero si del TULSMA y el punto 6 es el único que cumple con la normativa nacional e internacional. Con esto datos se evidencia que existe una mayor contaminación por material particulado sedimentable en el barrio los Pinos ya que la mayoría de los puntos de monitoreo sus valores están fuera del rango de los límites establecidos.



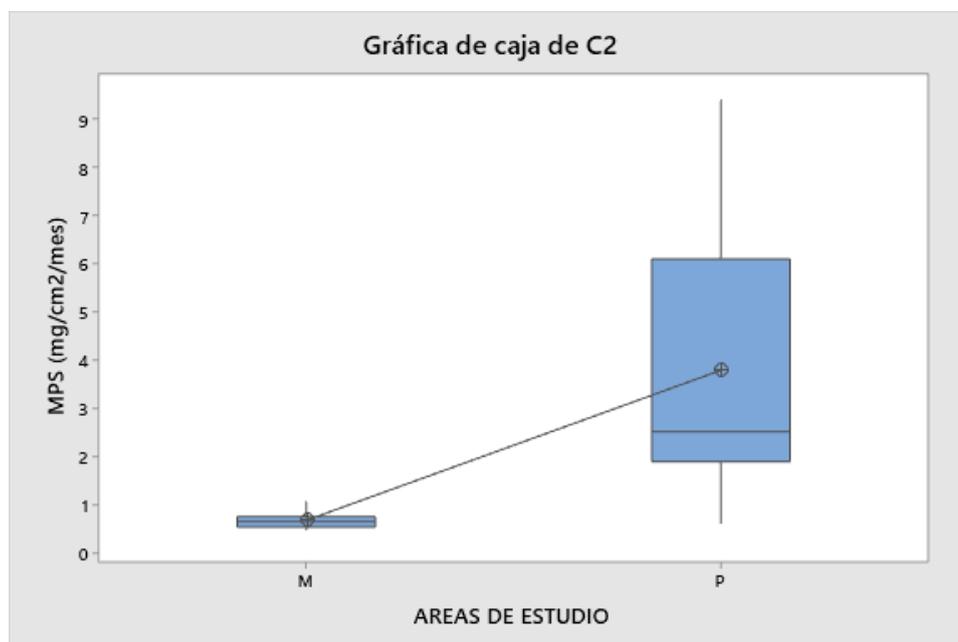
**Figura 5.** Comparación de valores de MPS de barrio los Pinos y del barrio la Matriz con los LMP establecidos por la OMS y TULSMA.

**Elaboración:** Autor (2020)

#### 4.3. Análisis estadístico comparativo de MPS.

Con el uso del software estadístico MINITAB se ejecutó la prueba Tukey al 5% con los datos de los sectores que son parte del estudio **Anexo 8.3 y 8.4**, en la **Figura 6** se visualiza el diagrama de cajas demostrando que en el barrio la Matriz existe una homogeneidad en los datos ya que no son dispersos además se presenta un valor atípico de  $1,07 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  en el punto 4 de monitoreo el cual está ubicado cerca de una industria, a diferencia del barrio Los Pinos que el diagrama de cajas es mucho más amplio lo que indica que los valores de concentración son más dispersos.

Cada sector está representado por letras como se indica en la **Figura 6** , la Matriz con la letra M y los Pinos con la letra P demostrando que existen valores significativos es decir que la concentración de MPS es diferente en cada zona de estudio (Ortega, 2018).



**Figura 6.** Puntos con valores de MPS del barrio los Pinos y el barrio la Matriz.  
**Fuente:** Autor (2020)

En base a la **Tabla 6** los datos del MPS de los dos sectores se determinó un valor medio de 2,24 mg/cm<sup>2</sup>/mes y una mediana de 0,91; el valor máximo es de 9,40 mg/cm<sup>2</sup>/mes que pertenece a el barrio los Pinos y el valor mínimo de 0,48 mg/cm<sup>2</sup>/mes del barrio la Matriz. La desviación estándar es de 2,6 mg/cm<sup>2</sup>/mes lo que señala que existe una dispersión significativa entre las dos áreas de estudio (Salazar & Castillo, 2018).

**Tabla 6.** Prueba de Tukey, análisis estadístico MPS.

VARIABLE	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
MPS (mg/cm <sup>2</sup> /mes)	2,24	2,6	0,48	0,91	9,40

**Fuente:** Autor (2020)

#### 4.4. Composición química del MPS.

Con los datos del análisis morfológicos de (Gallo & Paredes, 2019) y (Ortiz & Tigsí, 2020) dispuestos en la **Tabla 7** , con la composición química del MPS de ambos barrios los elementos químicos con mayor porcentaje. En el caso del barrio los Pinos de los elementos químicos con mayor porcentaje, es el oxígeno (O) que tiene un 55,09% que es un

comburente es el que tenemos más a disposición en todo el planeta y más presente en la atmósfera (Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile, 2016), el silicio (Si), aluminio (Al) y carbón (C) con 23,19%, 9,69% y 5,18% respectivamente lo que nos indica la presencia de arcillas rojas, ilitas y montmorillonitas por la presencia de la industria Ecu cerámica que fabrica todo tipo de revestimientos cerámicos (Roa & Paredes, 2017). En el caso del tantalio (Ta) con 21.37% y wolframio (W) con 10,88% son elementos que se utilizan en la cicatrización y reparación de fracturas de las piezas cerámicas (Duffo, 2011)

En el barrio de la Matriz la presencia del oxígeno (O) con 46,84% y el carbón (C) con 21,91% existe por la influencia de ladrilleras artesanales, debido a que, durante la producción de los ladrillos en los diferentes hornos, se utiliza la leña (madera seca) misma que es quemada y producto de esto se originan algunos compuestos orgánicos asociados al carbono, como el monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) que a su vez son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural (Gallo & Paredes, 2019). La presencia del rubidio (Rb) con 10,65% proviene de los catalizadores de los vehículos ligeros, pesados y otros medios de transporte, que utilizan básicamente como combustibles gasolina y diésel., en bajas concentraciones no traen problema a salud (Quijano et al., 2010). Además, se visualiza que el silicio (Si) y el aluminio (Al) con 7,89%, 4,33% respectivamente, se encuentra en la atmosfera por la fabricación de ladrillos artesanales ubicadas cerca de los puntos de monitoreo ya que utilizan una mezcla con arcillas (Roa & Paredes, 2017) y por la composición del suelo proveniente del polvo de los caminos y carreteras, de los procesos de construcción y del polvo arrastrado por el viento (Gallo & Paredes, 2019b). El Antimonio (Sb) con 3,5% se encuentra en el análisis de la composición química ya que existe la cremación de las baterías de plomo (Brito, 2017).

Es importante mencionar que la exposición del Si por tiempos prolongados en ambos sectores puede contraer una enfermedad llamada silicosis es una fibrosis pulmonar con formación de nódulos en el tejido pulmonar alrededor de los vasos sanguíneos en la zona de los bronquiólos respiratorios (Instituto de Salud Pública, 2016) . Por otra parte la exposición del Al en ambas áreas de estudio puede causar en los seres humanos adversos problemas en las vías respiratorias con síntomas similares al asma, que abarcan disnea, sibilancias, fibrosis pulmonar y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Hidalgo,

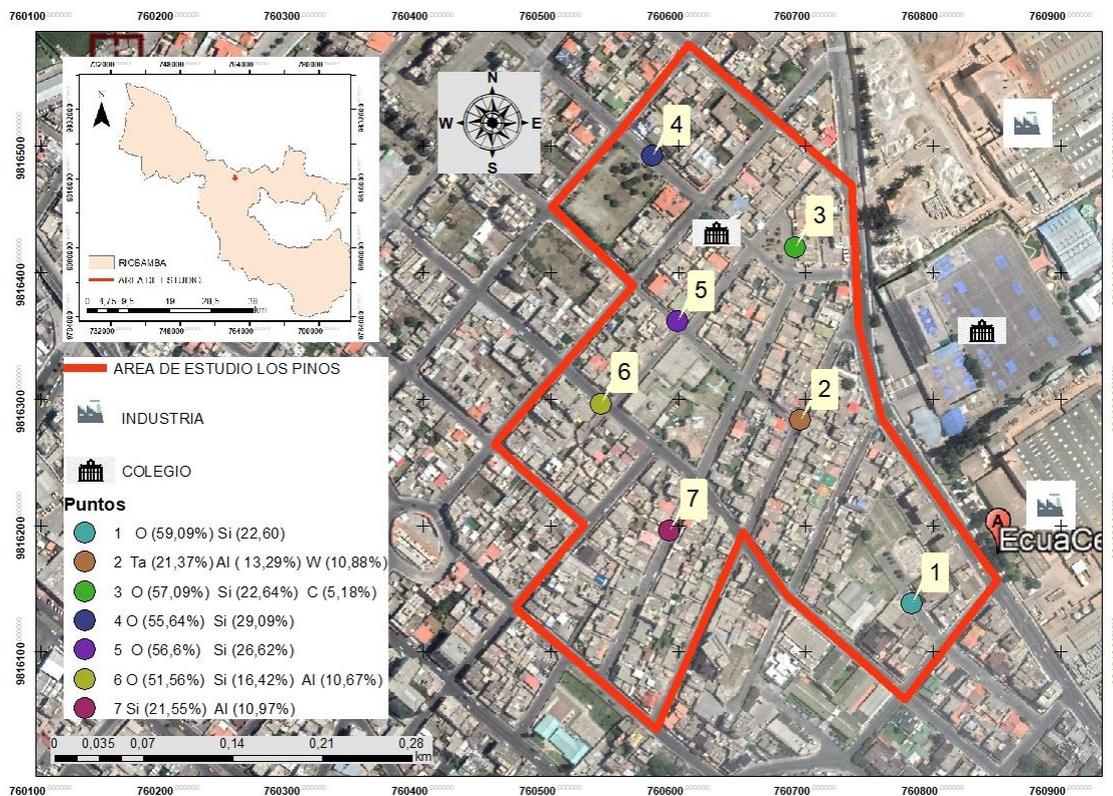
2012).

**Tabla 7.** Prueba de Tukey, análisis estadístico MPS.

<b>ELEMENTOS QUIMICOS CON MAYOR PORCENTAJE</b>					
<b>LOS PINOS</b>			<b>LA MATRIZ</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Símbolo</b>	<b>%</b>	<b>Elemento</b>	<b>Símbolo</b>	<b>%</b>
Oxígeno	O	55,09	Oxígeno	O	46,84
Silicio	Si	23,19	Carbón	C	21,91
Tantalo	Ta	21,37	Rubidio	Rb	10,65
Wolframio	W	10,88	Silicio	Si	7,89
Aluminio	Al	9,69	Aluminio	Al	4,33
Carbón	C	5,18	Antimonio	Sb	3,5

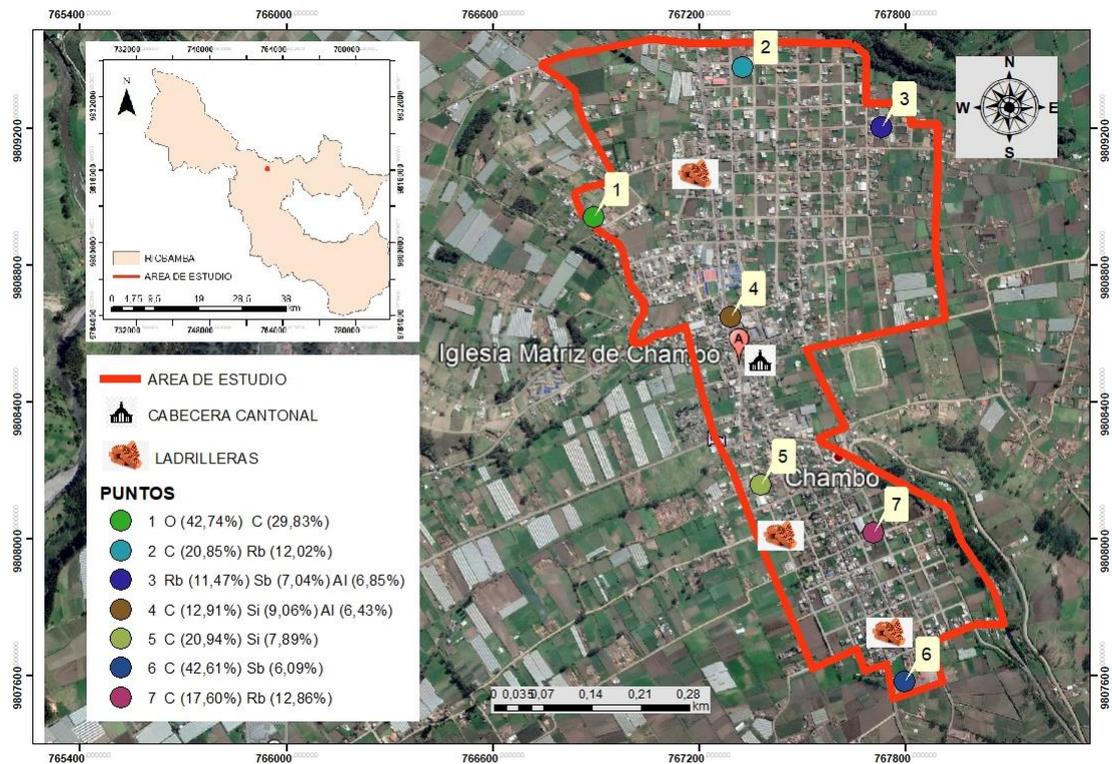
**Fuente:** (Ortiz & Tigli, 2020); (Gallo & Paredes, 2019)

En la composición química del MPS de cada uno de los sectores se tomó los datos de los elementos que tienen mayor porcentaje que se indica en los **Anexos 8.5 y 8.6** , con la ayuda de esta información se realizó un mapa para cada área de estudio, los Pinos **Figura 7** y el barrio la Matriz **Figura 8**, en los cuales se indica el elemento químico más predominante en cuanto a porcentaje de concentración en cada punto de muestreo, esto se relaciona a la ubicación y cercanía a lugares como industrias, construcciones o vías de alto tráfico, que fueron ya explicados anteriormente.



**Figura 7.** Composición química MPS del barrio los Pinos.

**Fuente:** Autor (2020)



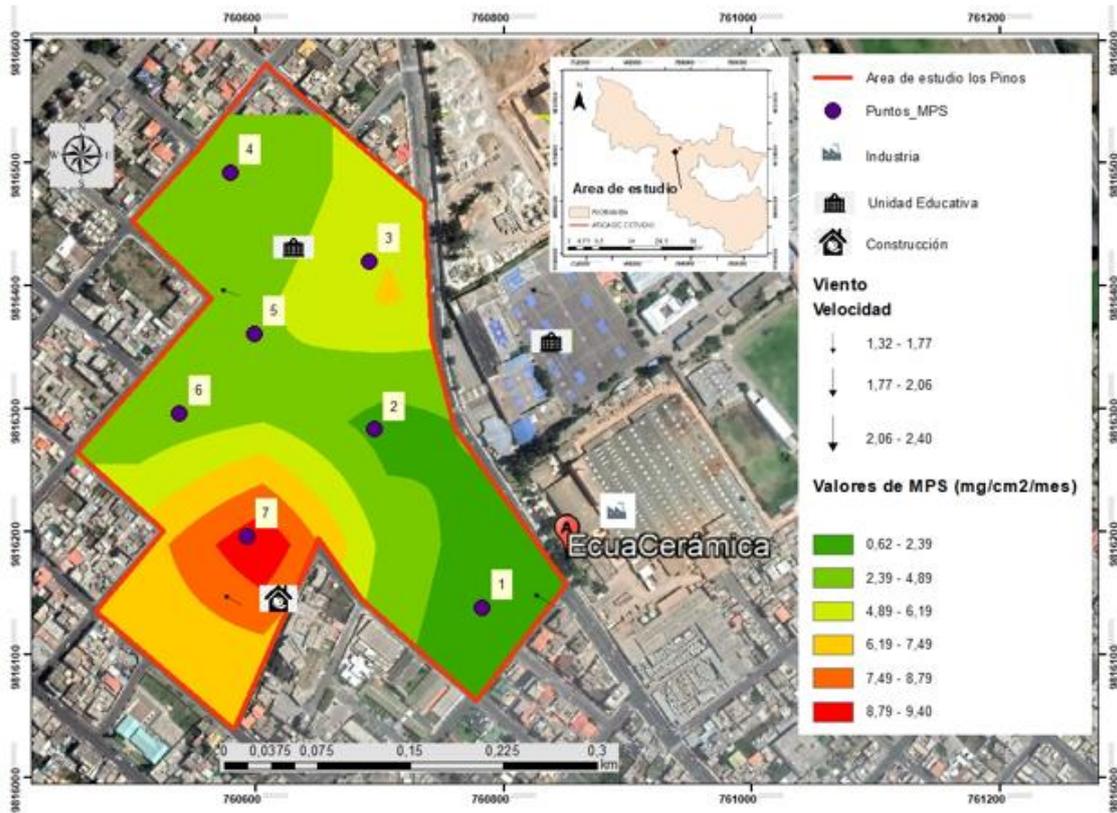
**Figura 8.** Composición química MPS del barrio la Matriz.  
**Fuente:** Autor (2020).

#### 4.5. Simulación de la dispersión del MPS.

Se realizó 2 mapas de simulación de la dispersión y concentración del MPS en las dos áreas de estudio, la Matriz y los Pinos durante el periodo enero-febrero y julio-agosto de 2019 respectivamente. En los mapas se proyectó la dirección y velocidad del viento obtenidas en las estaciones meteorológicas: DAC-Riobamba, Macas, Puyo en el caso del barrio la Matriz, en el barrio los Pinos: DAC-Riobamba, ESPOCH, UNACH se trabajó con coordenadas en X-Y. La velocidad del viento se mide en m/s y la dirección del viento en grados (°).

Se puede plasmar en la **Figura 9** el modelo de dispersión del MPS del barrio los Pinos en donde tenemos el punto 7 con 9,40 mg/cm<sup>2</sup>/mes y esto es porque esta aledaña a una construcción, seguido del punto 3 con un valor de 6,1 mg/cm<sup>2</sup>/mes; ya que la dirección del viento está en sentido noroeste y traslada el MPS, en el punto 5 tenemos una concentración de 3,58 mg/cm<sup>2</sup>/mes y los puntos de monitoreo con menor concentración 1,2,4,6 con concentraciones 0,62 mg/cm<sup>2</sup>/mes, 1,90 mg/cm<sup>2</sup>/mes, 2,52 mg/cm<sup>2</sup>/mes, 2,46 mg/cm<sup>2</sup>/mes respectivamente.

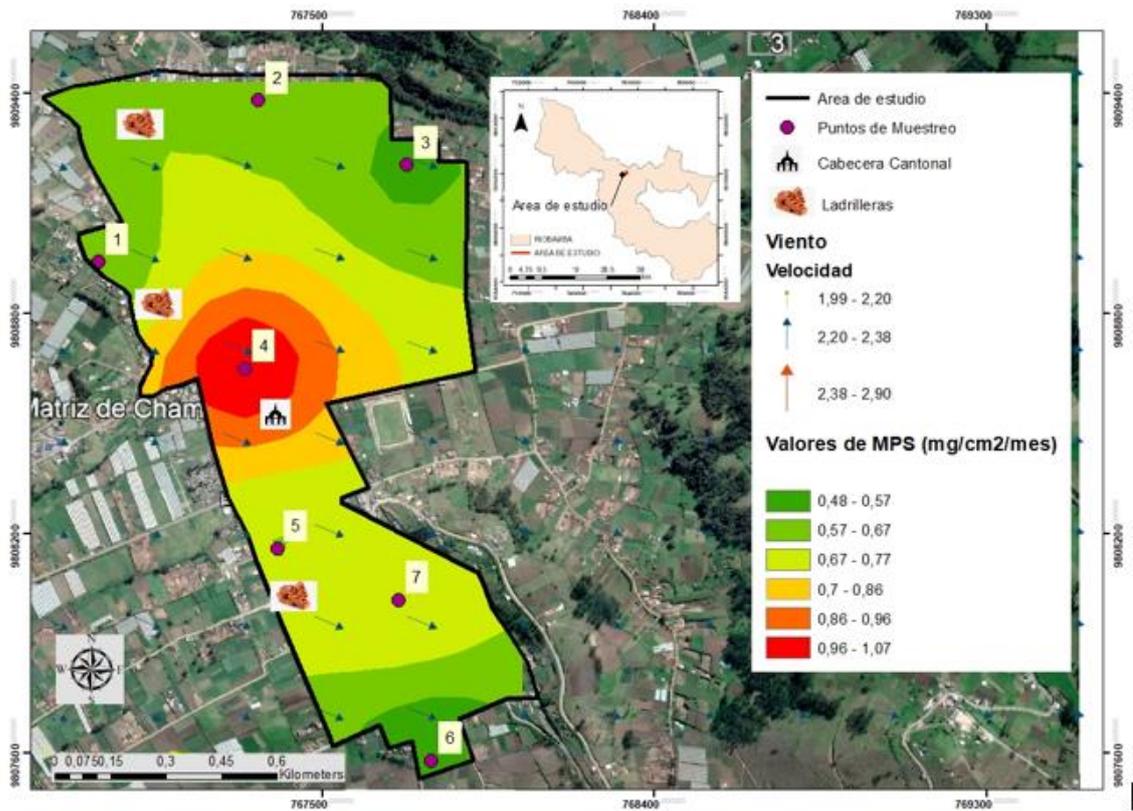
El área de estudio los Pinos posee una dirección del viento noroeste y la velocidad promedio de 1,97 m/s esto influye en la dispersión del MPS, ya que mayor celeridad, mayor diseminación (Lozano, 2020); además por estar en una zona urbana sin presencia de mucha vegetación existe mayor concentración de contaminantes.



**Figura 9.** Modelo de dispersión del MPS en el barrio los Pinos.  
**Fuente:** Autor (2020)

En la **Figura 10** se observa el modelo de dispersión de MPS del barrio la Matriz Chambo donde se señalan que los puntos de monitoreo con mayor concentración son 4, 5, 7 con 1,07 mg/cm<sup>2</sup>/mes, 0,67 mg/cm<sup>2</sup>/mes, 0,76 mg/cm<sup>2</sup>/mes respectivamente ya que alrededor existe industrias que fabrican ladrillos de forma artesanal donde utilizan aserrín, arena negra que producen este contaminante (Cepeda & Robalino, 2018) ; los puntos 1, 2, 3, 6 son los que poseen la concentración más baja ya que están alejadas de la influencia por industrias.

El área de estudio del barrio la Matriz tiene una dirección de viento sureste, con una velocidad de viento 2,33 m/s por lo cual influye en la dispersión del MPS y solo existe un valor de concentración que sobrepasa los LMP del TULSMA y de la OMS.



## V. CONCLUSIONES.

- ✓ En el análisis comparativo del MPS se pudo corroborar que el barrio los Pinos es el sector con mayor polución y mayor daño al ambiente ya que la media de concentración de contaminante y la mayoría de los puntos de monitoreo no cumplen con los LMP establecidos por la OMS y TULSMA, salvo el punto 1 con  $0,62 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  que solo cumple con la normativa nacional y en cambio del barrio la Matriz la mayoría de puntos no cumplen con la normativa internacional excepto del punto 6 que es  $0,48 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  por parte del cumplimiento de la normativa nacional la mayor parte están de bajo de los LMP, excepto el punto 4 con valor  $1,07 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ .
- ✓ Respecto a la concentración química del MPS en el barrio la Matriz, en el caso del barrio los Pinos se encontró el O con mayor porcentaje ya que es un comburente que permite la combustión de otra, el Si, Al y C indica la presencia de arcillas rojas, ilitas y montmorillonitas por la presencia de la industria Ecu cerámica que fabrica todo tipo de revestimientos cerámicos, En cuanto al Ta con y W son elementos que se utilizan en la cicatrización y reparación de fracturas de las piezas cerámicas. En el barrio de la Matriz la presencia del O y el C con mayor porcentaje ya que existe por la influencia de ladrilleras artesanales, debido a que, durante la producción de los ladrillos en los diferentes hornos, se utiliza la leña (madera seca) misma que es quemada y producto de esto se originan algunos compuestos orgánicos asociados al carbono, como el monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), la presencia del Rb proviene de los catalizadores de los vehículos ligeros, pesados y otros medios de transporte, que utilizan básicamente como combustibles gasolina y diésel en bajas concentraciones no traen problema a salud, además el Si y el A, se encuentra en la atmosfera por la fabricación de ladrillos artesanales ubicadas cerca de los puntos de monitoreo ya que utilizan una mezcla con arcillas y por la composición del suelo proveniente del polvo de los caminos y carreteras, de los procesos de construcción y del polvo arrastrado por el viento.
- ✓ Es importante mencionar que la exposición del Si por tiempos prolongados en ambos sectores puede contraer una enfermedad llamada silicosis es una fibrosis pulmonar con formación de nódulos en el tejido pulmonar alrededor de los vasos

sanguíneos en la zona de los bronquiólos respiratorios. Por otra parte, la exposición del Al en ambas áreas de estudio puede causar en los seres humanos adversos problemas en las vías respiratorias con síntomas similares al asma, que abarcan disnea, sibilancias, fibrosis pulmonar y enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

- ✓ De acuerdo con el análisis estadístico verificamos que en el barrio la Matriz existe una homogeneidad en los datos ya que no son dispersos a diferencia del barrio Los Pinos que el rango es más amplio lo que indica que los valores de MPS son más dispersos y poco homogéneos, además los datos de cada zona son significativos es decir que la concentración de MPS es diferente en cada área de estudio.
- ✓ Se presento la simulación de la dispersión del MPS de las dos áreas de estudio, en el barrio los Pinos se aprecia que la dirección del viento es noreste con una velocidad media 1,97 m/s, el contaminante se acumula con mayor porcentaje en los puntos 3 y 7, en cambio en el barrio la Matriz la dirección del viento sureste es con una velocidad media de 2,33 m/s del MPS tiene mayor concentración en los puntos 4 y 7; con estas simulaciones podemos señalar que la influencia de la dirección del viento y la cercanía de las industrias o construcciones son factores que aportan a las puntos con mayor concentración.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

- ✓ Implementar puntos de monitoreo en zonas industriales permanentemente que utilizan materia prima que provoquen material particulado sedimentable para conocer las posibles afectaciones al ambiente y a la salud humana y que sirva para nuevos estudios de investigación.
- ✓ Realizar un nuevo plan de ordenamiento territorial del cantón Riobamba que tenga como consideración que la ubicación de las industrias sea en un sector alejado zonas residenciales, además de ambientes naturales propensos a contaminación.
- ✓ Es necesario realizar un monitoreo en los diferentes meses del año, para conocer las posibles variaciones de MPS por la dirección y velocidad del viento, dando así un diagnóstico más certero de la calidad de aire de cada sector.

## VII BIBLIOGRAFÍA.

- Alvarado, R., & Puyol, D. (2020). *Estudio comparativo de material particulado sedimentable y volatil, de los sectores Calpi y el barrio los Pinos de cantón Riobamba*. 1–67.  
[http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7218/2/7.Tesis\\_Material Particulado\\_Alvarado\\_Puyol %281%29.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7218/2/7.Tesis_Material Particulado_Alvarado_Puyol%20%29.pdf)
- Arciniegas, C. (2012). Diagnóstico Y Control de material particulado: partículas suspendidas totales Y fracción respirable Pm10. *Luna Azul*, 1–19.  
<https://doi.org/10.17151/luaz.2012.34.12>
- Bastidas, J. A. (2012). *Caracterización del material particulado suspendido PM10 de la red de monitoreo de aire de la ciudad de Quito de los años 2009 y 2010 por Espectroscopía de Absorción Atómica*.  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7112/4.7.001492.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Bazante, P. (2015). *Análisis de la concentración de contaminantes atmosféricos de origen primario y mixto en relación a la variación de las condiciones meteorológicas en el Distrito Metropolitano de Quito*.  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4786>
- Bravo, L. (2017). *Determinación y caracterización de Material Particulado Sedimentable en el casco urbano del cantón Portovelo* [Universidad de Cuenca].  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27760>
- Brito, G. (2017). *Volatilización de arsenico y antimonio desde un concentrado de cobre por cloruración*.  
[http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/2885/4/Tesis\\_Volatizacion\\_de\\_arsenico\\_y\\_antimonio.Image.Marked.pdf](http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/2885/4/Tesis_Volatizacion_de_arsenico_y_antimonio.Image.Marked.pdf)
- Cepeda, M., & Robalino, A. (2018). Determinacion de niveles de CO de ladrilleras y su posible afectación a la formacion de carboxihemoglobina en el cantón Chambo. In *UNACH*. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4789/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0008.pdf>

Chambo, M. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial del Cantón Chambo*.

[https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT\\_-\\_PARTE\\_XLI41.pdf](https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT_-_PARTE_XLI41.pdf)

Chirinos, L., & Mallqui, C. (2016). Comparación entre interpoladores espaciales en el estudio de distribución de partículas sedimentables insolubles en la Cuenca Atmosférica de Lima y Callao. *Informacion Tecnologica*, 1–10.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400012>

Descentralizado, C. R. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Riobamba*. 1–294.

<http://www.gadmriobamba.gob.ec/phocadownload/lotaip/AnexoS/PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CON RESOLUCIONES.pdf>

Duffo, G. (2011). Materiales y materias primas. In *Instituto Nacional de Educación Tecnológica*. <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/biometales.pdf>

Egas, C., Naulin, P., & Préndez, M. (2018). Contaminación urbana por material particulado y su efecto sobre las características morfo-anatómicas de cuatro especies arbóreas de Santiago de Chile. *Informacion Tecnologica*, 29, 1–8.

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n4/0718-0764-infotec-29-04-00111.pdf>

EMOV. (2018). Informe de calidad aire Cuenca. In *EMOV*.

<https://www.emov.gob.ec/sites/default/files/CALIDAD DEL AIRE 2018.pdf>

Fallas, J. (2012). Análisis de varianza. In *Revista Chilena de Anestesia*.

[https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis\\_de\\_varianza\\_2012.pdf](https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf)

Gallo, A., & Paredes, C. (2019a). Determinación y caracterización de las concentraciones de material particulado sedimentable del sector de ladrilleras de la matriz del canton Chambo. *UNACH*, 1–76.

Gallo, A., & Paredes, C. (2019b). Determinación Y Caracterización De Las Concentraciones De Material Particulado Sedimentable Del Sector De Ladrilleras

- De La Matriz Del Cantón Chambo. In *Unach*.  
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Hidalgo, R. (2012). La exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud. *Tecnogestión*, 9, 1–9.  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/5646/7164>
- Instituto de Salud Pública, & Gobierno de Chile. (2016). Exposición Laboral a Sílice Libre. *Departamento de Salud Ocupacional.*, 1–13.  
<https://multimedia.3m.com/mws/media/1571655O/nota-tecnica-exposicion-laboral-a-silice-libre-cristalina.pdf>
- Lara, C. (2018). “Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio La Esperanza, ciudad de Riobamba por incidencia de aserraderos”. In *UNACH*.  
<http://dspace.unach.edu.ec/browse?type=author&value=Lara+Basantes%2C+Cristian+Artuto>
- Lozano, M. (2020). *Senna siamea ( Kassod ) como barrera protectora de material particulado sedimentable, en la avenida Francisco de Orellana, las Orquideas Guayaquil*. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LOZANO ORMAZA MARÍA JOSE.pdf>
- MAE. (2017). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. In *Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar.-2003*.  
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Martín, L., Rivera, J., & Castizo, R. (2018). *Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica*. <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2019/06/SEGIB-Informe-La-Rábida-2018-completo.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile. (2016). Guía de calidad del aire y educación ambiental. In *Ministerio del Medio Ambiente* (Vol. 3).  
<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>

- Ortega, J. (2018). Impacto de la aplicación de algoritmos de minería de datos en variable de contaminación del aire. In *Universidad de Azuay*.
- Ortiz, E., & Tigsi, V. (2020). Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el barrio los Pinos cantón Riobamba por incidencia industrial. In *UNACH*.  
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Páez, C. (2012). *Gestión de la contaminación atmosférica urbana: El caso de Quito*. 1–17. <https://flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/10088.ContaminacionQuito.pdf>
- Quijano, A., Quijano, M., & Henao, J. (2010). *Caracterización físicoquímica del material particulado fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia*. 8, 1–21. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90315226007.pdf>
- Roa, K., & Paredes, R. (2017). Diseño y elaboración de unidades cerámicas macizas a partir de la caracterización morfológica, química y estructural del cascarón desecho del proceso de microfundición en Fasab Sogamoso. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 1–108.  
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2227/1/TGT-760.pdf>
- Salazar, C., & Castillo, S. (2018). *Fundamentos Básicos De Estadística*.  
[http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos Básicos de Estadística-Libro.pdf](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%C3%ADstica-Libro.pdf)
- Zegarra, R. (2018). Determinación de especies vegetales para la captura y retención de material particulado en la zona urbana de la ciudad de Cuenca. In *Universidad de Cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30636>

## VIII. ANEXOS.

### 8.1. Límites máximos permisibles por la legislación internacional vigente OMS.

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
Partículas Sedimentables	30 días	0,5 mg/cm <sup>2</sup> /mes
PM <sub>10</sub>	1 año 24 horas	20 µg/m <sup>3</sup> 50 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	1 año 24 horas	10 µg/m <sup>3</sup> 25 µg/m <sup>3</sup>

Fuente. (Alvarado & Puyol, 2020)

### 8.2. Límites máximos permisibles por la legislación nacional vigente TULSMA.

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
Partículas Sedimentables	30 días	1 mg/cm <sup>2</sup> /mes
PM <sub>10</sub>	1 año 24 horas	50 µg/m <sup>3</sup> 100 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	1 año 24 horas	15 µg/m <sup>3</sup> 50 µg/m <sup>3</sup>

Fuente. (MAE, 2017)

### 8.3. Estaciones meteorológicas del barrio los Pinos Riobamba.

ESTACIONES	X	Y	Velocidad (m/s)	Dirección (°)
DAC	760695	9816905	1,23	74
ESPOCH	758398	9816965	2,20	141,09
UNACH	762261	9817265	2,47	222

Fuente. (Autor, 2020)

### 8.4. Estaciones meteorológicas del barrio la Matriz Chambo.

ESTACIONES	X	Y	Velocidad (m/s)	Dirección (°)
DAC	760695	9816905	2,9	38,7
ESPOCH	764147	9806580	2,20	135,00
ALAO	780131	9789385	1,90	95,50

Fuente. (MAE, 2017)(MAE, 2017)(MAE, 2017)(MAE, 2017)(MAE, 2017)(MAE, 2017)(Autor, 2020)

**8.5. Análisis estadístico y prueba Tukey al 5% MPS los Pinos.**

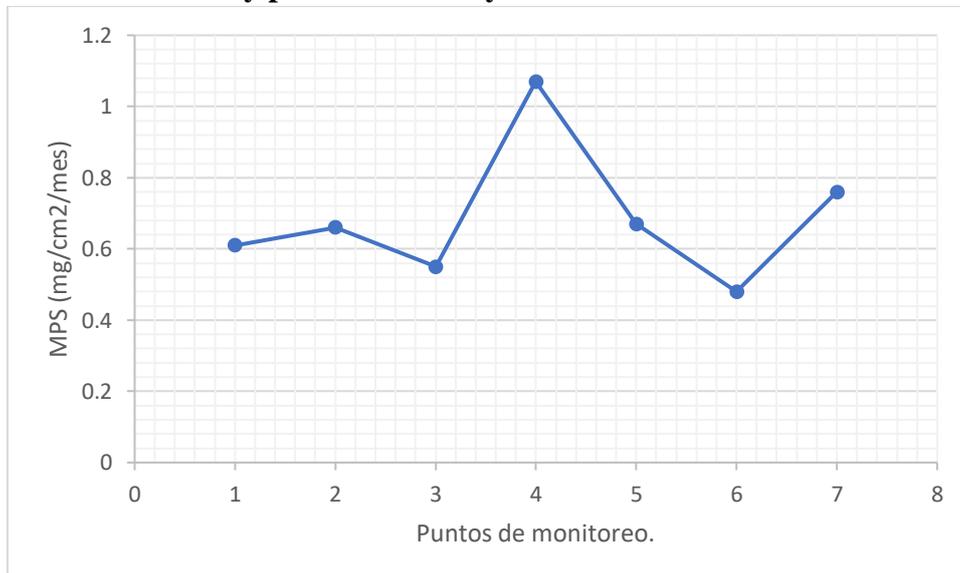


**Elaboración.** Autor (2020)

<b>VARIABLE</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máximo</b>
<b>MPS (mg/cm<sup>2</sup>/mes) Los Pinos</b>	3,80	3,00	0,62	2,52	9,40

**Elaboración.** Autor (2020)

**8.6. Análisis estadístico y prueba de Tukey al 5% MPS la Matriz.**



**Elaboración.** Autor (2020)

<b>VARIABLE</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máximo</b>
<b>MPS (mg/cm<sup>2</sup>/mes) La Matriz</b>	0,68	0,19	0,48	0,66	1,07

**Elaboración.** Autor (2020)

### 8.7. Composición química en % del MPS del barrio los Pinos.

	<b>O</b>	<b>SI</b>	<b>Ta</b>	<b>W</b>	<b>Al</b>	<b>C</b>
<b>1P</b>	59,09	22,60		10,88	9,3	
<b>2P</b>	51,44		21,37		13,29	
<b>3P</b>	57,09	22,64				5,18
<b>4P</b>	55,64	29,29			6,24	
<b>5P</b>	56,60	26,62			7,64	
<b>6P</b>	51,56	16,42			10,67	
<b>7P</b>	54,23	21,55			10,97	
<b>PROMEDIO</b>	55,09	23,19	21,37	10,88	9,69	5,18

Elaboración. (Ortiz & Tigsi, 2020)

### 8.8. Composición química en % del MPS del barrio la Matriz.

	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>Rb</b>	<b>Si</b>	<b>Al</b>	<b>Sb</b>
<b>1M</b>	42,74	29,83	11,44	8,07	3,32	1,59
<b>2M</b>	50,64	20,85	12,02	8,28	4,09	1,52
<b>3M</b>	49,79	8,67	11,47	7,70	6,85	7,04
<b>4M</b>	53,49	12,91	12,65	9,06	6,43	1,47
<b>5M</b>	45,02	20,94	9,76	7,89	4,35	5,46
<b>6M</b>	36,24	42,61	4,37	3,50	0,95	6,09
<b>7M</b>	49,96	17,60	12,86	10,73	4,29	1,32
<b>PROMEDIO</b>	46,84	21,91	10,65	7,89	4,33	3,50

Elaboración. (Gallo & Paredes, 2019b)