

**Determinación de la concentración de material particulado sedimentable en el barrio Juan Montalvo en el Cantón Riobamba****Determination of the concentration of sedimentable particulate matter in the Juan Montalvo neighborhood in the Riobamba Canton**

Guido Patricio Santillán Lima <sup>1</sup>[0000-0003-0743-9107], Marco Marcel Paredes Herrera <sup>2</sup>[0000-0002-3762-9633],  
 Marco Vinicio Rodríguez Llerena <sup>3</sup>[0000-0003-2492-2969], Carlos Andrés Maldonado Chavez <sup>4</sup>[0009-0005-7693-9692],  
 Jonathan Javier Orozco Pilco <sup>5</sup>[0000-0002-7618-4112], Juan Manuel Rivadeneira Vásconez <sup>6</sup>[0009-0008-9357-2441]

<sup>1-5</sup>Universidad Nacional de Chimborazo. Ecuador.

<sup>6</sup>Investigador independiente. Ecuador

psantillan@unach.edu.ec, marcelparedes@unach.edu.ec, mvrodriguez@unach.edu.ec  
 carlosa.maldonado@unach.edu.ec, jonathan.ozco@unach.edu.ec, jmanuel99r@gmail.com

**CITA EN APA:**

Santillán Lima, G. P., Paredes Herrera, M. M., Rodríguez Llerena, M. V., Maldonado Chavez, C. A., Orozco Pilco, J. J., & Rivadeneira Vásconez, J. M. (2025). Determinación de la concentración de material particulado sedimentable en el barrio Juan Montalvo en el Cantón Riobamba. *Tesla Revista Científica*, 5(1), e454.  
<https://doi.org/10.55204/trc.v5i1.e454>

**Recibido:** 2025-01-03

**Revisado:** 2025-01-07 al 2025-01-27

**Corregido:** 2025-02-07

**Aceptado:** 2025-02-13

**Publicado:** 2025-02-19

**TESLA**

Revista Científica  
 ISSN: 2796-9320



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras. The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

**Resumen:** Determinar y caracterizar el material particulado sedimentable, generado por incidencia antrópica en el barrio Juan Montalvo, del cantón Riobamba, Chimborazo, Ecuador. Se situaron 32 puntos de monitoreo, los cuales fueron empleados de forma alertaría en diferentes zonas del área monitoreada con antelación, recolectaron material particulado sedimentable mediante el método pasivo gravimétrico el cual corresponde al material particulado las cuales se recolectan mediante la gravedad que son almacenadas en cajas Petri con un papel filtro que se encuentra en su interior durante el lapso de tiempo perteneciente a un mes. Las muestras obtenidas fueron analizadas con respecto a sus características morfológicas y posteriormente a su cuantificación, para con ello poder compararlas con los límites máximos permisibles que poseen la normativa internacional y el Acuerdo 097-A. Los resultados comparativos con las normas ya mencionadas mostraron que 7 de las estaciones no cumplen con la normativa establecida en el Acuerdo 097-A reformada el 2018 que es de  $1\text{mg}/[\text{cm}]^2/\text{mes}$ , la mitad de las estaciones no cumplen con la normativa de la OMS, está por encima del límite máximo permisible que es de  $(0,5\text{mg}/[\text{cm}]^2/\text{mes})$ . Siendo el MPS un factor que afecta la calidad del aire y a la salud de los habitantes del barrio.

**Palabras Clave:** Material particulado, material particulado sedimentable, contaminación atmosférica.

**Abstract:** Determination and Characterization of Settled Particulate Matter Generated by Anthropogenic Incidence in the Juan Montalvo Neighborhood, Riobamba Canton, Chimborazo, Ecuador. A total of 32 monitoring points were established and strategically distributed across different areas of the monitored zone. These points were used as alert stations to collect settled particulate matter using the passive gravimetric method. This method relies on gravity to collect particulate matter, which is then stored in Petri dishes containing a filter paper for a duration of one month. The collected samples were analyzed for their morphological characteristics and subsequently quantified. This quantification allowed for comparison with the maximum permissible limits established by international regulations and Agreement 097-A. Comparative results indicated that seven monitoring stations failed to comply with the regulatory limit established in the reformed Agreement 097-A (2018), which sets a threshold of  $1\text{ mg}/\text{cm}^2/\text{month}$ . Additionally, half of the monitoring stations exceeded the World Health Organization (WHO) standard, which establishes a maximum permissible limit of  $0.5\text{ mg}/\text{cm}^2/\text{month}$ . Given these findings, settled particulate matter (SPM) is identified as a factor affecting air quality and posing potential health risks to the residents of the neighborhood.

**Keywords:** Particulate matter, settled particulate matter, air pollution.p.

**INTRODUCCIÓN**

Según el trabajo investigativo de Guevara Yanzapanta y Erick Wilmer Logroño Naranjo Byron Paul ex estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Determinaron que en lugares donde existe incidencia industria, hay contaminación por material particulado en diferente concentración y tiempo determinado. Es por ello por lo que se vio en la necesidad de realizar una investigación en el barrio Juan Montalvo, dónde también existió incidencia industrial y aún existe otras actividades generadoras del mismo material particulado (Logroño & Guevara, 2020).

El barrio Juan Montalvo está ubicado en la vía panamericana sur km 1 ½, cerca del sector de la ESPOCH, perteneciente al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, cuenta con aproximadamente 500 habitantes alrededor del barrio y es un sector de alto tráfico vehicular en su vía principal, por donde transitan vehículos a diferentes lugares como; universidad, vía a la costa, ingreso a la ciudad de Riobamba, lugares turísticos como Ricpamba, entre otras actividades.

La contaminación atmosférica por material particulado se debe a la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, estas sean por causas naturales o por acción del hombre, siendo esta última generada más rápida. Esto genera afectación en la salud humana, cambio en el clima y los ecosistemas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

Es indiscutible que en la provincia de Chimborazo existen diversas fuentes emisoras de gases, humo, los cuales, al ser contaminantes, producto de las fábricas aledañas como es la Mecánica industrial continental, la Industria metálica Vilema etc., las cuales se encuentran ubicadas cerca del barrio Juan Montalvo, esto sumado al crecimiento del parque automotriz, crecimiento poblacional, erosión de los suelos repercuten en la calidad del aire del sector lo cual puede afectar en la salud de la población perteneciente al sector.

No consta ningún control legal sobre los contaminantes emitidos por todas las actividades antrópicas que existen en la zona mencionada, que afectan al aire y que se difunden en todo el sector urbano generando un perjuicio muy grave, principalmente a los habitantes que se encuentran cerca de las fuentes emisoras (Lizalde & Merino, 2022).

En cuanto a la contaminación atmosférica Romero et al. (2006), mencionan que “entre las principales fuentes de contaminación atmosférica están: 1. Fuentes naturales: Polvo que contiene materias biológicas, esporas, polen y bacterias. 2. Fuentes agrícolas: Insecticidas y herbicidas empleados en la agricultura. 3. Fuentes tecnológicas: a) procesos industriales de todo tipo, b) consumo industrial y doméstico de combustibles fósiles, c) vehículos.”

Además, es conocido que la minería corresponde a una de las principales actividades que generan daños significativos al ambiente debido al deterioro constante del mismo, así como también el impacto que causa en la atmosfera.

A pesar de los beneficios económicos que este pueda presentar en nuestro país, trae consigo una serie de consecuencias para el ambiente.

Para Santillán et al. (2016), el material particulado (MP) consiste en una mezcla heterogénea de partículas líquidas y sólidas suspendidas en el aire la cual posee tamaños diferentes, las cuales oscilan entre

2.5 y 4 µm. “La presencia de estas partículas se relaciona con diversos daños al sistema cardiorrespiratorio” (pg.1)

Por otro lado, según la OMS (2017) existe una relación directa entre la exposición a altas concentraciones de partículas tanto gruesas como finas, así como el índice de mortalidad prematura en la población.

Es así que, el barrio Juan Montalvo, al estar ubicado en la vía panamericana sur km1 ½, cerca del sector de la ESPOCH, la cual es una zona donde existe tráfico vehicular significativo debido a que es una vía de acceso interprovincial, además de presentar actividad minera de material pétreo las cuales presentan una licencia ambiental y al estar situado en una zona que presenta un relieve montañoso, se considera necesario un constante monitoreo correspondiente a la calidad de aire así como también, es importante determinar las afecciones que ocasiona el material particulado en la calidad del aire.

El presente estudio radica su importancia dado que las actividades antrópicas a base de la minería de material pétreo como: ripio, macadam, piedra, rechazo, polvo de piedra, lastre, subbase, triturado y chispa; el tráfico vehicular y la presencia montañoso que se dan en las aproximaciones del barrio Juan Montalvo, afecta de manera directa a la sociedad, debido a la notable presencia de polvo en locales comerciales, casas, terrazas, vías e incluso en los vehículos de los habitantes del barrio objeto de este estudio.

Así mismo presenta su necesidad debido a que el material particulado al ser vinculado exponencialmente a partículas menores a los 10 micrómetros, por su tamaño pueden llegar a las profundidades pulmonares e incluso su torrente sanguíneo siendo así que pueden incluir ciertas afecciones a la salud humana los cuales pueden incluir según lo menciona Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2023) ciertos ejemplos:

- Muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares
- Infartos de miocardio no mortales
- Latidos irregulares
- Asma agravada
- Síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar.

La pertinencia de este trabajo se da porque no se han realizado estudios en la zona que conlleven a la determinación de material particulado, el cual debe ser tomado en mucha consideración debido a que en el sitio existe la presencia de actividad minera así como también la entra y salida de vehículos de carga pesada que transporta ciertos materiales como arena, piedra entre otros, siendo así que al encontrarse en un sitio de carácter Universitario la presencia de vehículos particulares también son factores determinantes porque son los principales generadores de smoke vehicular.

Finalmente se destaca la originalidad puesto que no se han realizados estudios de carácter ambiental en la zona que conlleven al tema de material particulado y puesto a que al ser un área donde residen gran

parte de estudiantes Universitarios sería necesario dar a conocer la problemática que pueda existir en la zona y motivar a que se sigan realizando estudios de carácter ambiental en la zona puesto que existe presencia de actividad minera y tránsito vehicular al ser una zona de ingreso a la ciudad de Riobamba.

Por lo cual se pretende determinar y caracterizar la cantidad de concentración del material particulado sedimentable en el barrio “Juan Montalvo” - Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

## **METODOLOGÍA**

### **Tipo de estudio**

Por tanto, esta investigación, describirá el levantamiento de la información en el campo, con esta información se detallarán en donde colocar las estaciones para los puntos de muestreo, los parámetros a considerar, la técnica de muestreo, conservación y el transporte de las muestras recogidas. Por tanto, la investigación es de tipo:

- **Transversal:** La investigación que se realizó tiene un periodo de tiempo determinado.
- **Experimental:** Investigación cuantitativa y cualitativa en donde se realizó monitoreo, muestreo y posterior análisis en laboratorio para determinar los niveles de concentración de MPS en el barrio Juan Montalvo.
- **Campo:** Se realizó visitas de campo debido a que en los puntos de monitoreo se encuentran dispersos por la zona de estudio que es el barrio Juan Montalvo, zona urbana. Para posteriormente recolectar la información necesaria para su análisis.

Se procedió con la ubicación de estaciones de monitoreo en las partes colindantes a la mina para recopilación de datos y muestras para análisis. Para la instalación de las estaciones con las que se realizó el monitoreo, se tuvo en cuenta el tipo de emisión y fuentes emisoras, los factores topográficos y meteorológicos, así como también información que corresponda a la calidad del aire, información sobre la densidad demográfica, población y la ejecución de obras en las proximidades del barrio.

En las zonas urbanas se debe tomar en cuenta las concentraciones máximas de contaminantes presentes en la salud pública, de tal manera que las muestras se las debe tomar en una margen de altura de 1.5 a 3 m sobre el nivel del piso; a esta altura se encuentra la población que transita y que está más expuesta a este tipo de contaminación, donde características del flujo de viento (dirección y velocidad) (Lara, 2018).

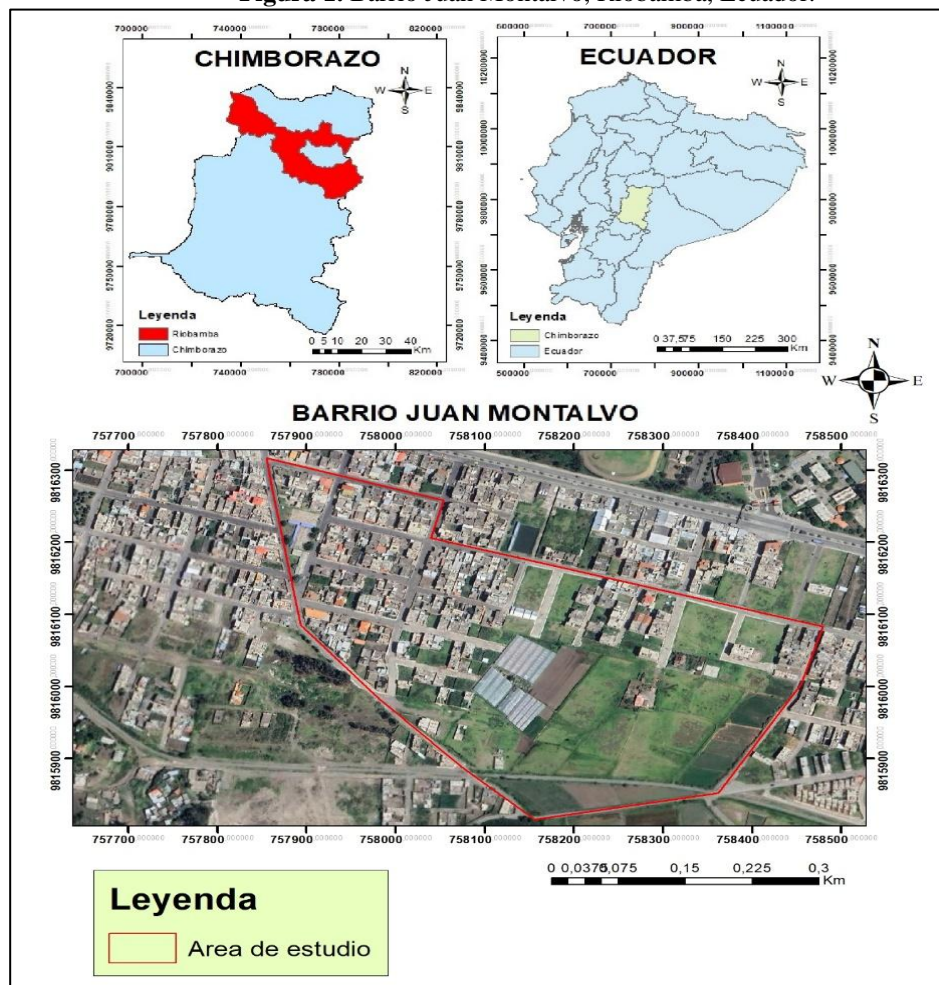
La parte experimental de la investigación, partió del uso de equipos adecuados para el monitoreo de la calidad del aire, en la cual se situó una caja Petri con un papel filtro, el mismo que facilitó la recolección del material particulado sedimentable encontrado en la zona, con esto, se pudo presentar la información mediante un mapa de concentración y dispersión de material particulado sedimentable, donde se usaron herramientas de SIG, la cual permitió caracterizar y cuantificar el material particulado sedimentable en la zona objeto de estudio.

### **Área de estudio**

El barrio Juan Montalvo está ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba perteneciente a la vía panamericana sur km 1 ½, cerca del sector de la ESPOCH.

El área de interés posee una altitud de 2809.82 m en donde se dispondrán los diversos puntos de monitoreo para el material particulado sedimentable MPS.

**Figura 1.** Barrio Juan Montalvo, Riobamba, Ecuador.



En la Figura 1, se puede identificar el área de estudio en donde se ejecutó la investigación, la cual se encuentra situado en la provincia de Chimborazo, Ecuador, en la ciudad de Riobamba, ubicado en la ciudadela Juan Montalvo perteneciente a la vía Panamericana sur.

Dentro de la ciudadela existe la presencia de actividad minera, así como también de ciertos negocios de micro emprendedores que realizan esta actividad para su sustento diario y al ser un sector donde existe movilidad vehicular y de maquinaria pesada, se tomó en cuenta estos factores para realizar un estudio de calidad de aire, en donde se pueda analizar las afecciones que pudieran existir y por ende es necesario realizar un estudio sobre calidad de aire.

### Visita de campo

Previo a la colocación de las estaciones fijas, se realizó un recorrido en la zona donde se situaron dichos equipos, los cuales, fueron ubicados en ciertos domicilios de los lugareños con su respectivo consentimiento, se utilizaron patios, terrazas y otros.

Para la obtención de las coordenadas en los puntos de estudio (estaciones fijas) se usó la aplicación UTM GeoMap en dispositivos celulares para la colocación de las estaciones en los puntos de interés. Para el proceso de obtención de las coordenadas de los puntos de estudio (estaciones fijas) se utilizó una aplicación para celular con sistema operativo Android "GPS Test" en cada una de las estaciones fijas,

posteriormente se diseñó el mapa de dispersión y concentración del material particulado sedimentable con el uso de software de sistemas de información geográfica (SIG).

### **Ubicación e implementación de los equipos de medición para mps**

Para determinar las estaciones a instalar se tomó como referencia lo mencionado por Lata (2022):

- Puntos de mayor flujo de personas y vehículos.
- La topografía de los puntos a instalar.
- Para la selección de puntos de monitoreo se toma como referencia los puntos iniciales, que se monitorean por 30 días, tomando como referencia el elevado desplazamiento de personas que circulaban por los ambientes y zonas circundantes al tráfico vehicular.

Además, cabe mencionar que se aplicaron ciertas consideraciones, por ejemplo, cada sitio debió estar ubicado sin obstrucciones obvias tales como edificios en el entorno, áreas con árboles, tendedores u otras fuentes de contaminación para que las muestras puedan pasar. Para implementar los equipos de muestreo se consideraron los puntos más vulnerables, como la situación cercana a los habitantes de la presencia industrial del sector.

### **Análisis geoestadístico**

Para tener los datos necesarios, como la velocidad y dirección del viento, estas serán obtenidas gracias a las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio. Posteriormente, al analizar los muestreos obtenidos después de un intervalo de un mes (30días) se podrá determinar la dispersión de MPS utilizando herramientas como el SIG.

En la elaboración del mapa de dispersión y concentración se utilizará el método de interpolación Kriging, el cual nos permitirá identificar valores desconocidos en los espacios no muestreados del área de estudio. Finalmente, se mostrará variables como es la dirección y velocidad del viento que hubo en el lapso del muestreo (Lata, 2022).

Esto nos ayudará a dar nuestras conclusiones y algunas recomendaciones a los distintos moradores del sector ya estudiado, específicamente a los más cercanos a las áreas donde existe intervención de maquinarias, tránsito vehicular y las que tienen casas en construcción, que es donde generan más MPS.

### **Análisis de resultados**

La cantidad de MPS o polvo atmosférico sedimentable se determinó aplicando la ecuación descrita por Marcos Huatuco & Valderrama Romero (2011), la cual involucra calcular la diferencia de pesos entre el peso final y el peso inicial sobre el área de papel de filtro donde se tomó la muestra, luego multiplicar por un mes.

Los resultados obtenidos están en (mg/cm<sup>2</sup>/mes).

$$MPS = \frac{P_f - P_i}{A}$$

**Donde:**

**MPS:** Material particulado sedimentable.

**P<sub>f</sub>:** Peso final del papel filtro después del muestreo (mg).

$P_i$ : Peso inicial del papel filtro antes del muestreo (mg).

A: Área del papel filtro (cm<sup>2</sup>)

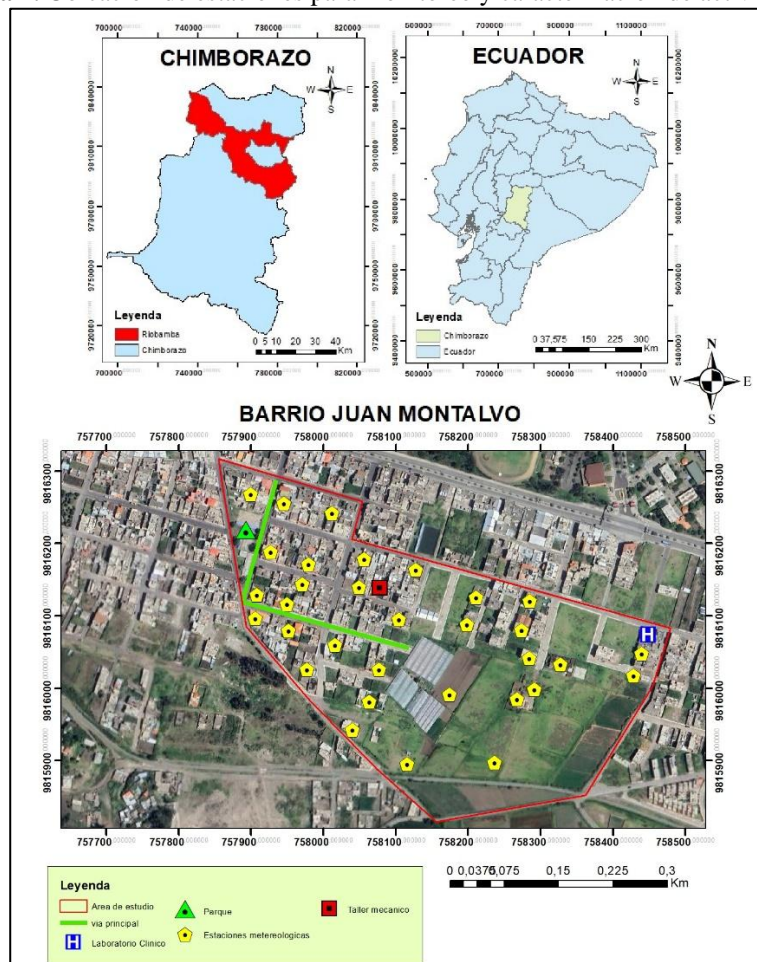
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio se llevó a cabo en la zona urbana de la provincia de Chimborazo, en el Barrio Juan Montalvo, perteneciente a la parroquia de Riobamba, en donde se pudo efectuar la caracterización de Material Particulado obtenido.

### Ubicación de estaciones.

En la **Figura 2**, podemos observar que se necesitó 32 estaciones de monitoreo dentro del barrio Juan Montalvo, perteneciente a la parroquia de Riobamba, las cuales fueron implementadas en distintas zonas residenciales y zonas cercanas a la mina existente en esa área.

**Figura 2.** Ubicación de estaciones para monitoreo y caracterización de actividades antrópicas.



Al realizar el estudio de MPS, se pudo identificar varias actividades que se llevan a cabo dentro del área de estudio como son casas en proceso de construcción, actividad minera, entrada y salida de maquinaria pesada dentro del barrio Juan Montalvo, aserraderos y metalmecánicas, además del tránsito vehicular, el cual constituye una actividad al transcurso del día.

Cabe resaltar que en la zona de estudio se realizan actividades mineras y produciendo tráfico de maquinaria pesada (volquetas, excavadoras, etc.), el cual es un factor muy importante a tener en cuenta como generador de material particulado (MP).

### Cuantificación y análisis de MPS

La tabla 4 da a conocer los valores correspondientes de las distintas concentraciones obtenidas en cada punto de muestreo, durante un intervalo de tiempo de 30 días. Empezando el 24 de junio hasta el 25 de julio del 2023 (V: 10.8 km/h).

**Tabla 1.** Concentración de MPS de cada punto de monitoreo.

**Nota:** Concentración de MPS de cada punto de monitoreo y sus coordenadas geográficas.

Los datos obtenidos en el pesaje de cada una de las muestras obtenidas indican un promedio de

Estación de monitoreo	Coordenadas geográficas		Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	Concentración (mg/cm <sup>2</sup> /mes)
E1	757900	9816268	410	400	1.989
E2	757946	9816255	420	410	1.989
E3	757928	9816188	405	395	1.989
E4	757909	9816129	400	398	0.398
E5	757979	9816171	414	411	0.597
E6	758012	9816241	404	400	0.796
E7	758057	9816178	408	404	0.796
E8	758049	9816139	405	400	0.995
E9	757971	9816144	403	400	0.597
E10	757950	9816116	412	410	0.398
E11	757906	9816096	406	404	0.398
E12	757952	9816079	406	405	0.199
E13	757977	9816026	412	406	1.194
E14	758016	9816059	412	409	0.597
E15	758064	9815982	421	417	0.796
E16	758077	9816026	407	406	0.199
E17	758104	9816095	410	408	0.398
E18	758128	9816163	414	409	0.995
E19	758211	9816125	410	408	0.398
E20	758198	9816088	415	413	0.398
E21	758041	9815943	410	408	0.398
E22	758116	9815895	415	411	0.796
E23	758285	9816120	415	414	0.199
E24	758274	9816080	418	412	1.194
E25	758284	9816041	418	412	1.194
E26	758267	9815984	425	421	0.796
E27	758290	9815998	413	412	0.199
E28	758328	9816033	420	417	0.597
E29	758174	9815991	406	405	0.199
E30	758440	9816047	423	418	0.995
E31	758236	9815897	415	409	1.194
E32	758428	9816017	414	412	0.398

(0.75 mg/cm<sup>2</sup>) por mes, siendo este superior al LMP de la OMS (0.5 mg/cm<sup>2</sup>/mes). Pero inferior al LMP del Acuerdo Ministerial 097-A que es de (1 mg/cm<sup>2</sup>) por mes.

**Tabla 2.** Comparación de los valores según la OMS.

Estación de monitoreo	Concentración (mg/cm <sup>2</sup> /mes)	Límite permisible según la OMS	Condición
E1	1.989	0.5	NO CUMPLE
E2	1.989	0.5	NO CUMPLE
E3	1.989	0.5	NO CUMPLE
E4	0.398	0.5	CUMPLE
E5	0.597	0.5	NO CUMPLE
E6	0.796	0.5	NO CUMPLE
E7	0.796	0.5	NO CUMPLE
E8	0.995	0.5	NO CUMPLE
E9	0.597	0.5	NO CUMPLE
E10	0.398	0.5	CUMPLE
E11	0.398	0.5	CUMPLE
E12	0.199	0.5	CUMPLE
E13	1.194	0.5	NO CUMPLE



E14	0.597	0.5	NO CUMPLE
E15	0.796	0.5	NO CUMPLE
E16	0.199	0.5	CUMPLE
E17	0.398	0.5	CUMPLE
E18	0.995	0.5	NO CUMPLE
E19	0.398	0.5	CUMPLE
E20	0.398	0.5	CUMPLE
E21	0.398	0.5	CUMPLE
E22	0.796	0.5	NO CUMPLE
E23	0.199	0.5	CUMPLE
E24	1.194	0.5	NO CUMPLE
E25	1.194	0.5	NO CUMPLE
E26	0.796	0.5	NO CUMPLE
E27	0.199	0.5	CUMPLE
E28	0.597	0.5	NO CUMPLE
E29	0.199	0.5	CUMPLE
E30	0.995	0.5	NO CUMPLE
E31	1.194	0.5	NO CUMPLE
E32	0.398	0.5	CUMPLE

Revisando los límites permisibles de la OMS que es de  $0.5 \text{ (mg/cm}^2\text{/mes)}$  se puede observar que 19 puntos no cumplen, mientras que 13 puntos si cumplen con el LMP.

Figura 3. Comparación según el LMP de la OMS.

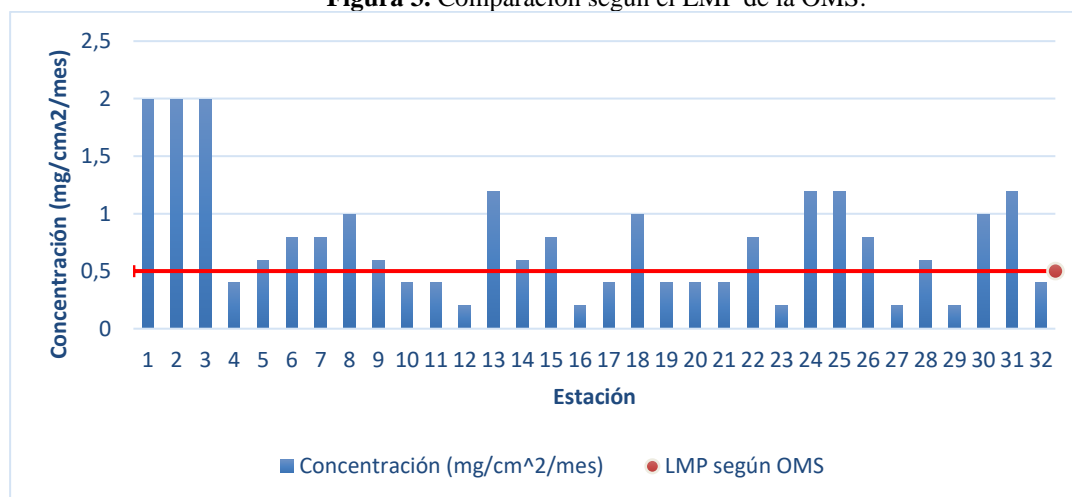


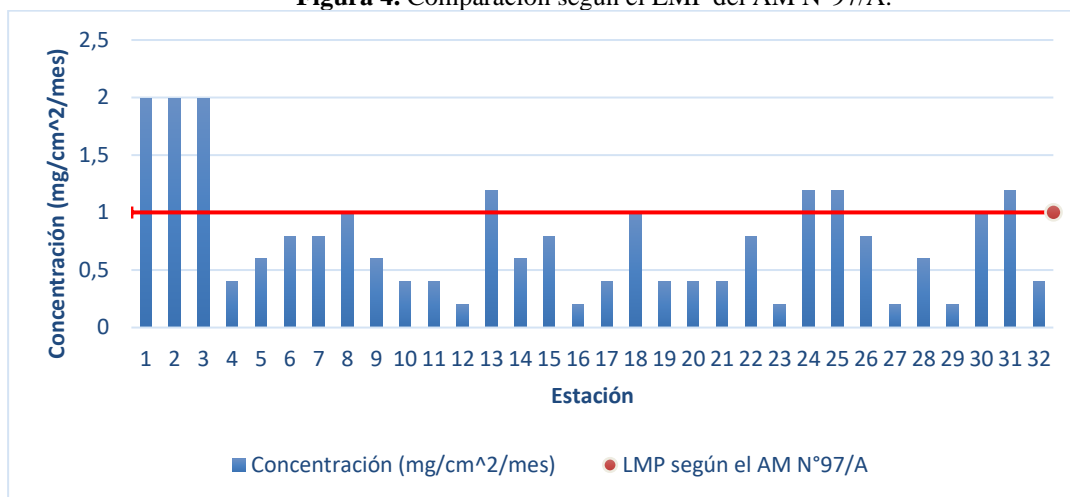
Tabla 6. Comparación de valores de MPS según el AM N°97/A

Estación de monitoreo	Concentración ( $\text{mg/cm}^2\text{/mes}$ )	Límite permisible según el AM N°97/A	Condición
E1	1.989	1	NO CUMPLE
E2	1.989	1	NO CUMPLE
E3	1.989	1	NO CUMPLE
E4	0.398	1	CUMPLE
E5	0.597	1	CUMPLE
E6	0.796	1	CUMPLE
E7	0.796	1	CUMPLE
E8	0.995	1	CUMPLE
E9	0.597	1	CUMPLE
E10	0.398	1	CUMPLE
E11	0.398	1	CUMPLE
E12	0.199	1	CUMPLE
E13	1.194	1	NO CUMPLE
E14	0.597	1	CUMPLE
E15	0.796	1	CUMPLE
E16	0.199	1	CUMPLE

E17	0.398	1	CUMPLE
E18	0.995	1	CUMPLE
E19	0.398	1	CUMPLE
E20	0.398	1	CUMPLE
E21	0.398	1	CUMPLE
E22	0.796	1	CUMPLE
E23	0.199	1	CUMPLE
E24	1.194	1	NO CUMPLE
E25	1.194	1	NO CUMPLE
E26	0.796	1	CUMPLE
E27	0.199	1	CUMPLE
E28	0.597	1	CUMPLE
E29	0.199	1	CUMPLE
E30	0.995	1	CUMPLE
E31	1.194	1	NO CUMPLE
E32	0.398	1	CUMPLE

De igual manera, revisando los límites permisibles del AM N°97/A que es de 1 (mg/cm<sup>2</sup>/mes) se puede observar que 7 puntos no cumplen, mientras que 25 puntos si cumplen con el LMP.

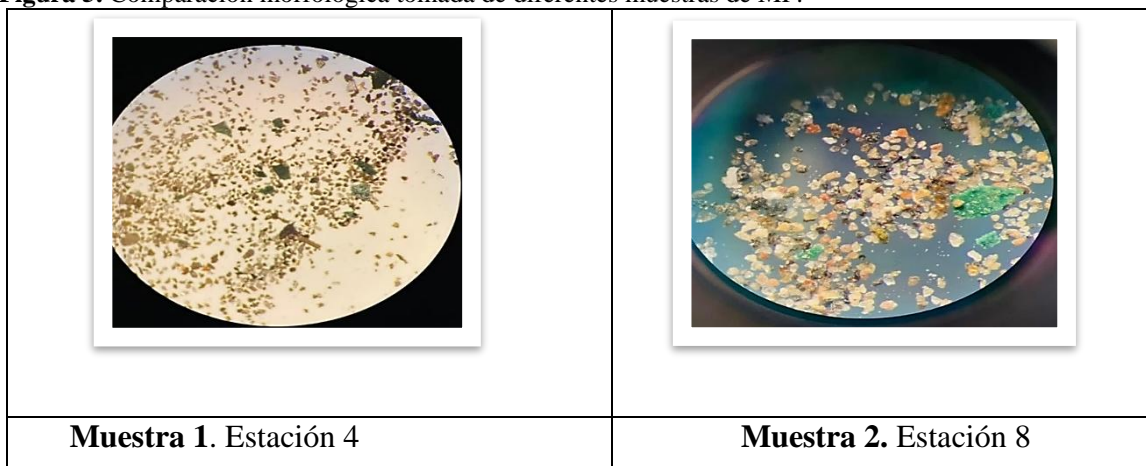
**Figura 4.** Comparación según el LMP del AM N°97/A.

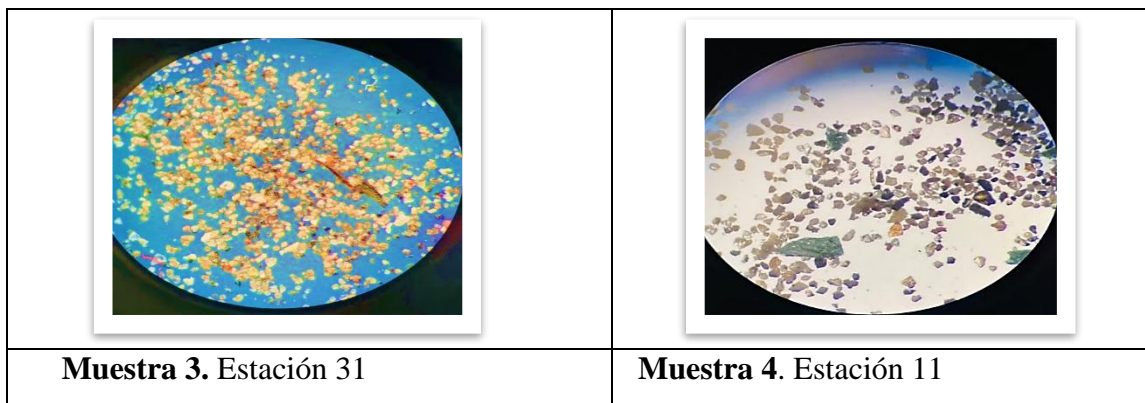


**Determinación morfológica del material particulado.**

Dentro del análisis morfológico se pudo identificar con ayuda del estereomicroscópio se pudo identificar ciertas propiedades como el color, tamaño y la forma de las partículas obtenidas de los puntos analizados.

**Figura 5.** Comparación morfológica tomada de diferentes muestras de MP.



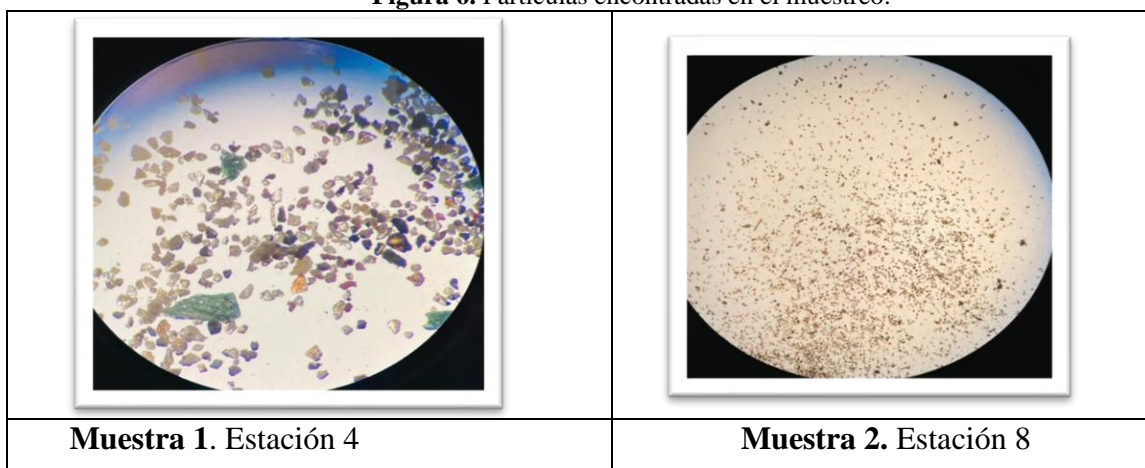


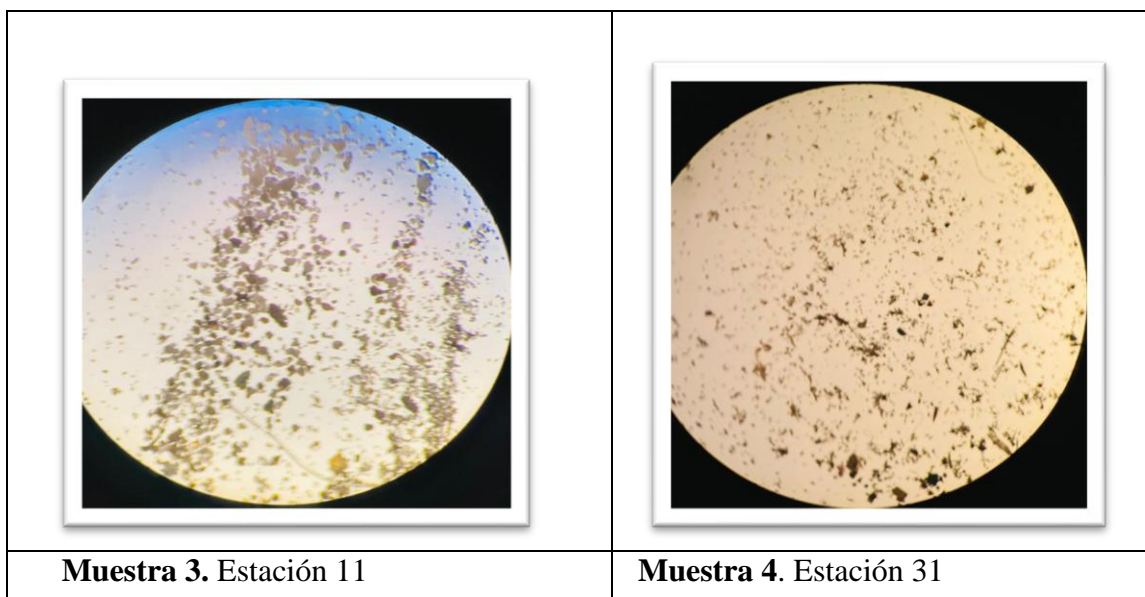
Mientras que en la Figura 5, se pudo observar distintos gráficos obtenido de MPS, las cuales fueron recolectadas en el barrio Juan Montalvo, perteneciente a la parroquia de Riobamba, provincia de Chimborazo. Se puede analizar que el MP posee diversas formas y colores en cuanto a su estructura morfológica, la cual es fundamental para poder caracterizar su composición y fuente de origen, diferenciando de materia orgánica, partículas minerales como polvo etc.

Dentro de la caracterización podemos identificarlas de la siguiente manera:

- Muestra (1): Se pudo identificar la presencia de partículas madereras como de aserrín, así como también con una tonalidad café debido a la presencia de material orgánico la cual tiene una forma irregular, así como ciertas partículas verdosas cristalinas (cuarzos).
- Muestra (2): Podemos observar partículas de estructura firme y colores café (materiales orgánicos), agregando a ello se presentan varias partículas cristalinas y en menor cantidad pequeñas partículas de color negro (material particulado producto de la combustión).
- Muestra (3): Se puede destacar gran presencia de partículas de color café pertenecientes a (material orgánico) y pequeños trozos de madera o algún origen natural, pequeñas partículas de color negro (productos de la combustión).
- Muestra (4): Destacamos la presencia de partículas de diversos colores y estructuras de diferentes tamaños, las cuales son de color café amarillento que pueden ser de tipo vegetal y ciertas partículas de color arcilloso que pueden ser también comparadas con las de color negro (combustión).

**Figura 6.** Partículas encontradas en el muestreo.





En la Figura 6, podemos diferenciar algunos patrones de material particulado que pueden ser provenientes de emisiones naturales y fuentes artificiales, en nuestra zona de estudio, las emisiones de partículas pueden ser ocasionadas por: polvo generado por la actividad minera, el paso de vehículos de maquinaria pesada y de transportes personales, la producción de madera y ciertos otros procesos como restos de la metalurgia y construcción y reparación de casas de la zona de estudio.

Dentro de nuestro estudio podemos destacar que las emisiones de Material Particulado se producen por la liberación de partículas minerales, debido a la interacción de los vientos con la superficie terrestre, manifestándose como emisiones que escapan y tienen la capacidad de agruparse, seguido de su deposición (Durán Lombana & Moscoso Culma, 2018).

Siendo así que se puede encontrar:

- Cuarzo.
- Feldespatos.
- Calcita
- Dolomita.

Dentro del estudio, las partículas provienen de los procesos de combustión generados por fuentes móviles y fijas. Se considera como fuentes móviles a aquellas de mayor interés debido a que en el barrio Juan Montalvo se presenta la actividad minera y la entrada y salida de vehículos de maquinaria pesada (E4), E (8), siendo así que los COVs en el ambiente, las cuales forman parte de los principales contaminantes en la naturaleza y al ser humano. Las fuentes fijas generadoras de material particulado que se encuentran son las que están cerca de la zona donde se produce la actividad minera y sitios donde se realizan las construcciones de domicilios en nuestra área de interés.

#### **Determinación de elementos encontrados en las muestras del material particulado, según el microscopio de barrido.**

En la Estación 14 se puede observar presencia de: Si, Al, Ca, Sb, Na, K, Fe. Dónde claramente el Silicio abunda alrededor de la muestra tomada. Así mismo en la Estación 22 se observa elementos como:

Si, Fe, Ca, Sb, Mg, Al, Na, Co.

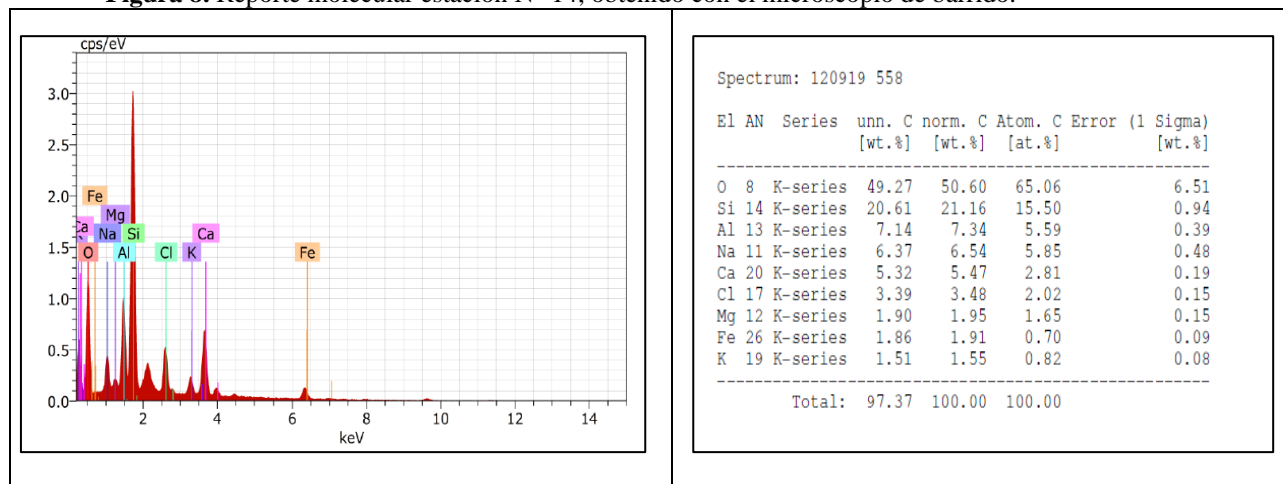
Haciendo una relación en ambas estaciones, el silicio tiene una mayor presencia. Debido a que, este elemento se encuentra generalmente en la corteza terrestre en forma de cuarcita, que es una roca metamórfica dura con alto contenido de cuarzo, con una composición del 90% de Silicio. Este elemento puede causar enfermedades de las vías respiratorias, tuberculosis pulmonar, enfermedad renal crónica, cáncer de pulmón y silicosis.

**Figura 7.** Análisis molecular estación 14 obtenido por el microscopio de barrido.



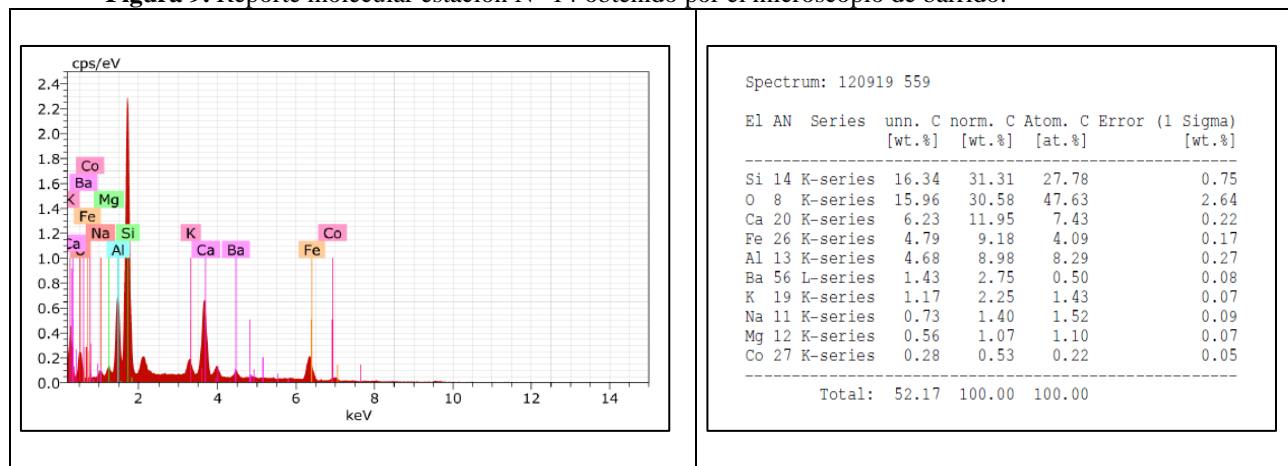
**Nota:** Morfología: Partículas planas irregulares, Composición: O, Si, Al, Na, Ca, Cl, Fe, K.

**Figura 8.** Reporte molecular estación N° 14, obtenido con el microscopio de barrido.



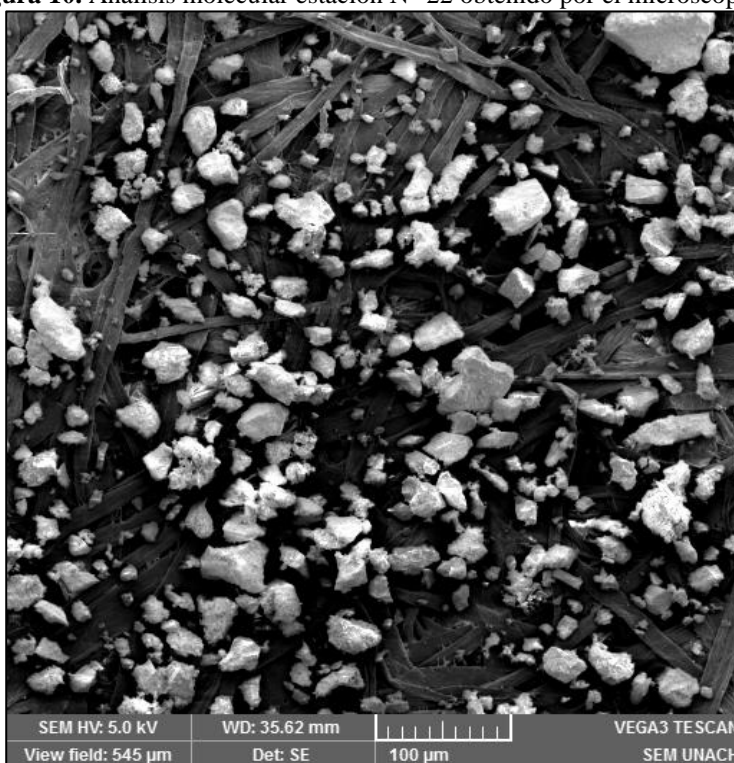
En la Figura 8, se identificó altas concentraciones de: O con un 49.27% de Si con un 20.61 % y en menor concentración al Al con 7,14 así como también al Na con un 6.37%, para así en mínimas cantidades encontramos al Fe,K.

**Figura 9.** Reporte molecular estación N° 14 obtenido por el microscopio de barrido.



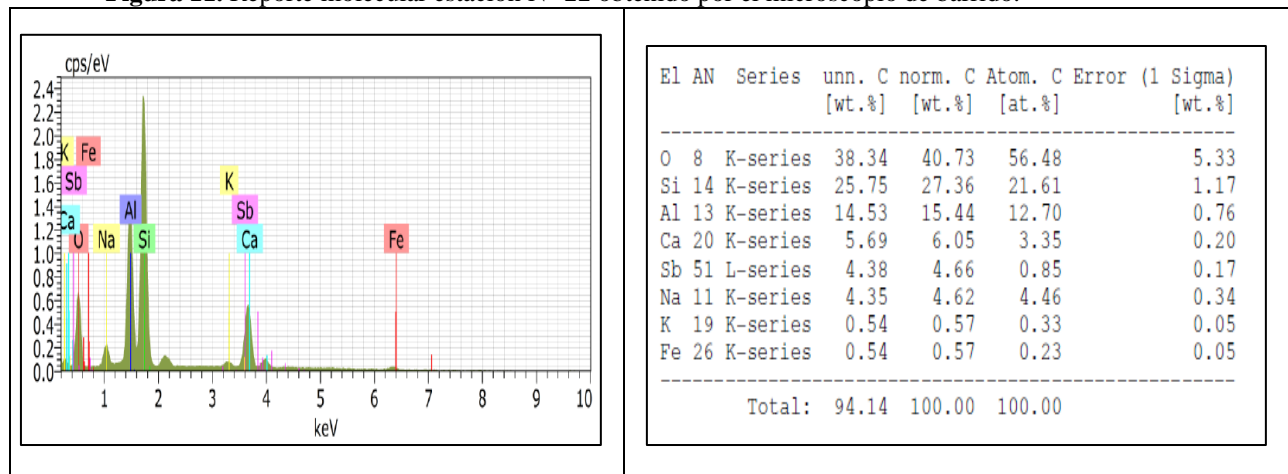
Tras el reporte analizado en la Figura 9, se identificó altas concentraciones de: Si con un 16.34% de O con un 15.96 % y en menor concentración al Fe con 4.79 así como también al Al con 4.68%, para así en mínimas cantidades encontramos al Mg y Co.

**Figura 10.** Análisis molecular estación N° 22 obtenido por el microscopio de barrido.



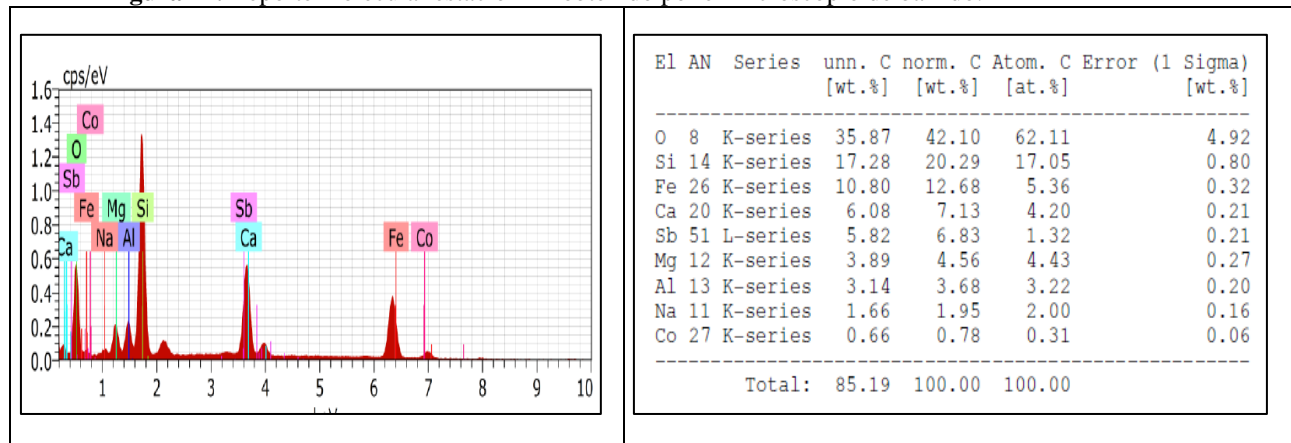
**Nota:** Morfología: Forma esférica irregular, Composición: O, Si, Al, Ca, Sb, Na, K, Fe.

**Figura 11.** Reporte molecular estación N° 22 obtenido por el microscopio de barrido.



Según el análisis de la Figura 11, pudimos identificar altas concentraciones de: O con un 35.87% de Si con un 17.28 % y en menor concentración al Mg con 3.89 así como también al Al con 3.14%, para así en mínimas cantidades encontramos al Na, Co.

**Figura 12.** Reporte molecular estación 22 obtenido por el microscopio de barrido.



En la Figura 12, Observamos altas concentraciones de: O con un 35.87% de Si con un 17,28 % y en menor concentración al Mg con 3.89 así como también al Al con 3.14%, para así en mínimas cantidades encontrar al Na, Co.

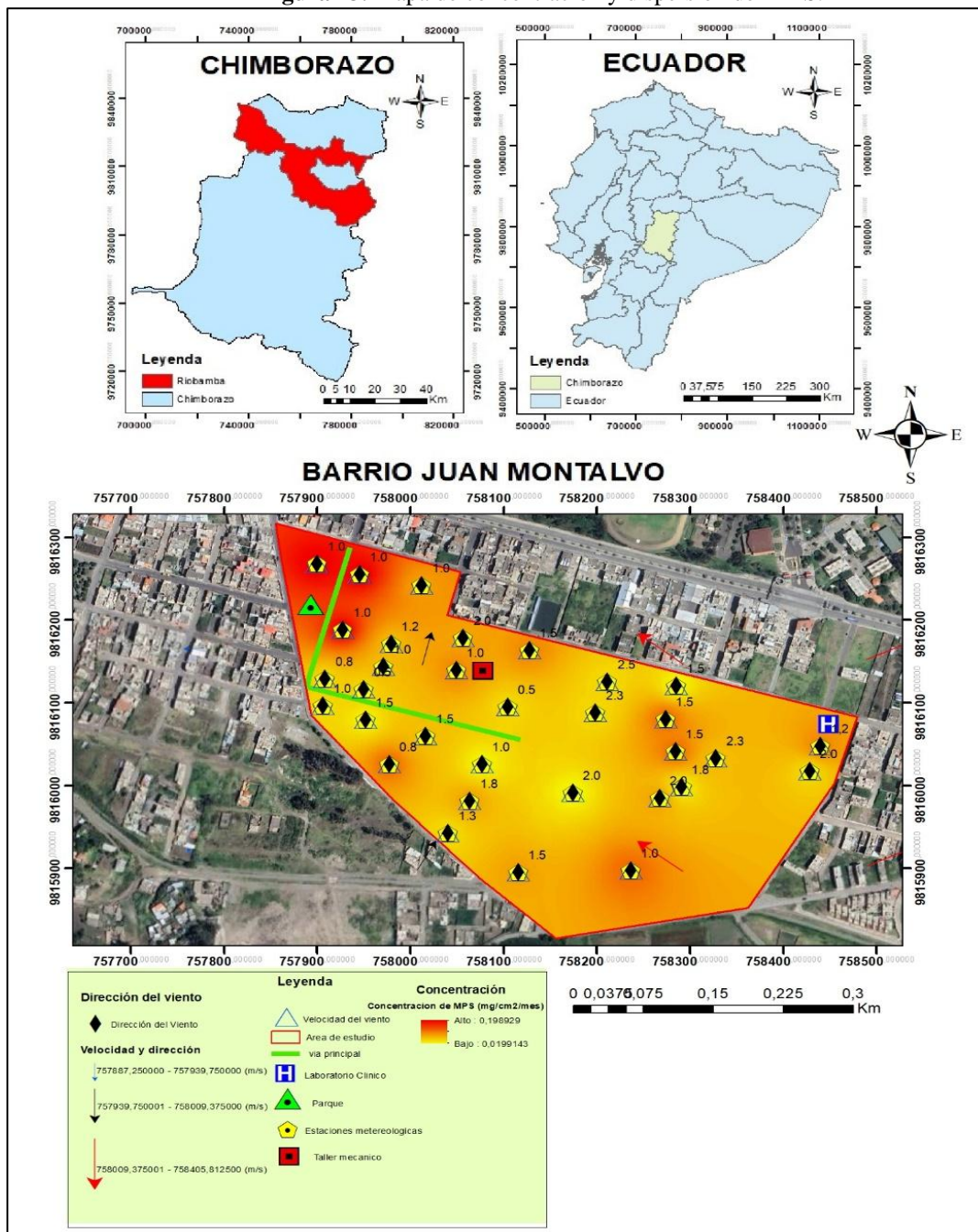
### **Análisis geoestadístico de concentración y dispersión del material particulado sedimentable.**

Se tomó varias fuentes de datos meteorológicos para la elaboración del mapa que nos indica la dispersión y concentración de MPS. Estos datos incluyen información sobre la velocidad y dirección del viento, con la finalidad de evaluar el comportamiento del recurso eólico durante la captación del MPS en nuestra zona de interés.

Con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG), se pudo emplear la técnica de interpolación IDW el cual nos permitió estimar los valores desconocidos de la concentración del MPS en las proximidades de nuestros puntos de muestreo. Estos valores se los clasifiqué de dos maneras como son (Alta y Baja). El cual tuvo una asignación de colores para visualizar de mejor manera las zonas con mayor y menor presencia de MPS. Como se puede identificar en la Figura 13.

Con el Mapa de concentración y dispersión se pudo presentar las diferentes concentraciones de MPS, teniendo en cuenta ello podemos mencionar que, en la zona norte y sur, son las áreas donde se presentan mayor presencia de MPS, esto se debe a la misma dirección del viento, como también por la presencia de vehículos de carga pesada, presencia de actividad minera y maderera y construcciones realizadas en el sector.

Figura 13. Mapa de concentración y dispersión del MPS.



## CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos, observamos que en la zona norte del barrio Juan Montalvo existe una mayor concentración de MPS, superando los LMP.

En la caracterización del MPS se obtuvo como resultados la presencia de grandes partículas pertenecientes al smoke vehicular, polvo y ciertos metaloides que se pueden deber a las diversas actividades que se generan en la zona.

Con el mapa de concentración y dispersión se pudo identificar los niveles de MPS que se encontraron en la zona, las cuales fueron divididas de 2 maneras: Alta (0.1142 *mg/cm<sup>2</sup>/mes*) y la Baja que fue de (0.019 *mg/cm<sup>2</sup>/mes*), siendo así que donde existe una mayor presencia de MPS fue respectivamente a la zona norte y sur dentro de nuestra investigación.



## REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (10 de mayo de 2023). Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente#:~:text=Efectos%20sobre%20la%20salud&text=s%3ADntomas%20respiratorios%20aumentados%2C%20como%20irritaci%C3%B3n,pulmonares%2C%20ni%C3%B1os%20y%20adultos>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (26 de junio de 2023). Obtenido de [https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20\(tambi%C3%A9n,se%20encuentran%20en%20el%20aire](https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#:~:text=PM%20significa%20material%20particulado%20(tambi%C3%A9n,se%20encuentran%20en%20el%20aire)
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (10 de mayo de 2023). Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente#:~:text=Da%C3%B1o%20ambiental&text=que%20los%20lagos%20y%20arroyos,bosques%20sensibles%20y%20cultivos%20agr%C3%ADcolas>
- Arciénegas, C. (junio de 2012). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727348012.pdf>
- ARCINIÉGAS SUÁREZ, C. A. (Junio de 2012). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Bravo, L. (2017). “*DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO*”. Universidad de Cuenca, Ecuador. Obtenido de DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN PORTOVELO: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27760/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Chriscaden, K. (27 de septiembre de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact#:~:text=Los%20%3ADmites%20establecidos%20en%20las,son%2010%20%CE%BCg%2Fm3.&text=Las%20PM2%2C5%20incluyen,grave%20para%20la%20salud%20>
- Durán Lombana, J. J., & Moscoso Culma, L. A. (2018). Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1755&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1755&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Gamboa, S., & Mora, C. (2022). *ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN PERSONAL A MATERIAL PARTICULADO, CROMO Y CADMIO EN LA CICLOVÍA DOMINICAL EN EL TRAMO DE LA AVENIDA BOYACÁ DESDE LA CALLE 170 HASTA LA CALLE 66*. Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/44417/2022sof%C3%adagamboacarolinamora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lara, C. (2018). “*DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO ORGÁNICO VOLÁTIL EN EL BARRIO LA ESPERANZA, CIUDAD DE RIOBAMBA, POR INCIDENCIA DE ASERRADEROS*”. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4706/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2018-0005.pdf>
- Lata, D. (2022). *DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN LA PARROQUIA CAJABAMBA, ZONA URBANA, ECUADOR*. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10171/1/Lata%20A.%2c%20Dennys%20F.%20%282022%29%20Determinación%20de%20material%20particulado%20sedimentable%20de%20la%20parroquia%20Cajabamba%2c%20zona%20urbana%2c%20Ecuador..pdf>
- Lizalde, P., & Merino, J. (2022). *DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE GENERADO POR ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL CANTÓN CHAMBO*. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8538/1/Lizalde%20Alvarado%20P.%20-%20Merino%20Jima%20J.%20%282022%29%20Determinación%20y%20caracterización%20del%20material%20particulado%20sedimentable%20generado%20por%20actividades%20antrópicas%20en%20el%20Ope>
- Loaiza, Y. (16 de Septiembre de 2019). Obtenido de <https://gk.city/2019/09/16/aire-contaminado-ecuador-ciudades/>
- Logroño, B., & Guevara, E. (2020). Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7186/2/8.%20Tesis%20Material%20Particulado%20Guevara-Logro%C3%B1o%202020%20%281%29.pdf>
- Marcos Huatuco, R., & Valderrama Romero, A. (Agosto de 2011). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/217154063/Contaminacion-del-aire-por-material-particulado-en-la-ciudad-universitaria-pdf>
- Ministerio de Ambiente. (Junio de 2011). Obtenido de NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DEL AIRE:

- [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Norma De calidad del Aire Ambiente, Libro VI Anexo 4*. Quito: Registro Oficial Edición Especial.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2016). Obtenido de Partículas en suspensión icono barra herramientas : <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/particulas.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (27 de Febrero de 2022). Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/particulas.aspx#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20por%20material,del%20hombre%20\(causas%20antropog%C3%A9nicas\)](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/particulas.aspx#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20por%20material,del%20hombre%20(causas%20antropog%C3%A9nicas)).
- OMS, O. M. (2017). Ambient (outdoor) air quality and health. *Ambient (outdoor) air quality and health*.
- Pidepoint S.A. (2018). Obtenido de [https://deproinsa.com.ec/mediciones-ambientales/material-particulado-pm10-y-pm2-5/#:~:text=La%20concentraci%C3%B3n%20m%C3%A1xima%20en%2024,a%2010%20micrones%20\(PM10\)](https://deproinsa.com.ec/mediciones-ambientales/material-particulado-pm10-y-pm2-5/#:~:text=La%20concentraci%C3%B3n%20m%C3%A1xima%20en%2024,a%2010%20micrones%20(PM10)).
- Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (Agosto de 2006). *La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud*. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, 2006. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v44n2/hie08206.pdf>
- Santamaría, J. M. (2008). Obtenido de <https://zonahospitalaria.com/efectos-del-material-particulado-en-la-salud/>
- Santillán, G. P., Damián Carrión, D. A., Rodríguez Llerena, M. V., Torres Rodríguez, S. H., Cargua Catagñal, F. E., & Torres Barahona, S. M. (2016). *Estimación del grado de contaminación de material particulado atmosférico y sedimentable*. Universidad nacional de Chimborazo, Ecuador. Obtenido de <https://perfiles.espoch.edu.ec/public/arhtml/Perfiles16/Perfiles16Art5/p1cfdbegmlgh66n416a31m0a1t98.pdf>
- Territorios Sostenible. (2021). Obtenido de Calidad del aire: <https://territoriossostenibles.com/calidad-del-aire/necesitamos-estandares-de-calidad-del-aire-mas-estrictos-para-protger-la-salud-y-la-vida/#:~:text=Los%20est%C3%A1ndares%20de%20calidad%20del,prematuras%20y%20las%20enfermedades%20humanas>