

UNIVERSIDAD INTERNACIONA SEK
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL
PARTICULADO SEDIMENTABLE EN EL COLEGIO SALESIANOS POR
INCIDENCIA INDUSTRIAL Y EN EL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA, PARA ESTABLECER CALIDAD AMBIENTAL”**

Realizado por:

BYRON PAUL LOGROÑO NARANJO

Director del Proyecto:

Ing. KATTY CORAL CARRILLO, MSc.

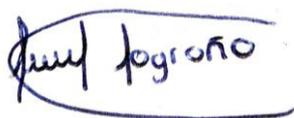
Como requisito para la obtención del título de:

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 13 de octubre de 2022

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, BYRON PAUL LOGROÑO NARANJO, con cédula de identidad # 0604941633, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a hand-drawn oval. The signature reads "Byron Paul Logroño Naranjo".

FIRMA

C.I. 0604941633

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN EL COLEGIO SALESIANOS POR INCIDENCIA INDUSTRIAL Y EN EL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PARA ESTABLECER CALIDAD AMBIENTAL”

Realizado por:

BYRON PAUL LOGROÑO NARANJO

como Requisito para la Obtención del Título de:

MASTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

ha sido dirigido por la profesora

KATTY CORAL

quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Profesores Informantes:

Dr. JESUS LÓPEZ

Ing. JOHANNA MEDRANO BARBOZA. MSc

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. López', written in a cursive style.

FIRMA

FIRMA

Quito, 13 de octubre de 2022

DEDICATORIA

La presente investigación quiero dedicarle a mi familia, especialmente a mis padres Manuel Logroño y Esperanza Naranjo por ayudarme y guiarme durante todos estos años, quienes me ayudan día a día a cumplir los sueños y metas que me propongo, gracias a su esfuerzo he logrado triunfos importantes en mi vida.

A mis queridos hermanos Cristian y Santiago Logroño por brindarme su apoyo como hermanos mayores su experiencia en la vida, sobre todo el cariño de hermanos que en la vida es fundamental que complementa mejor al ser humano.

Como no dedicarle este triunfo a mi querido sobrino Adrián Logroño quien más que un sobrino es como mi hermanito menor que me brinda el cariño y todo su amor, fundamental para seguir cosechando triunfos y ser mejor en la vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero Agradecer primeramente a Dios que siempre ha estado conmigo en los buenos y malos momentos, en el siento la fuerza y las ganas de seguir adelante, gracias señor por permitirme conseguir este tipo de logros y compartirlo con mis seres queridos.

A mi familia por ser mi sustento, por ayudarme a levantarme de las adversidades para llegar lejos, gracias por inculcarme los valores y todo tipo de enseñanza que cada día me ayuda a ser una mejor persona, como no agradecer el cariño y apoyo de mi abuelita Lastenia que es como una segunda madre.

A la Ing. Katty Coral docente durante mi paso por la maestría, así como tutora y asesora de mi investigación, gracias por brindarme sus conocimientos y apoyo en mi formación como magister, así como su apoyo en la elaboración de mi proyecto de titulación.

A la Universidad Internacional SEK quienes me abrieron sus puertas para formarme como profesional, con docentes de alto nivel que me brindaron muchos conocimientos y experiencias para una mejor formación.

13/09/2022

Para someter a:

To be submitted:

“Determinación de la Concentración de Material Particulado Sedimentable en el colegio Salesianos por Incidencia Industrial y en el sector sur de la Ciudad de Riobamba, para establecer Calidad Ambiental”

Byron Paul Logroño Naranjo¹ & Katty Coral²

¹Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito-Ecuador. Email: byron.logrono@uisek.edu.ec

²Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito-Ecuador. Email: katty.coral@uisek.edu.ec

AUTOR DE RESPONSABILIDAD PRINCIPAL: Ing. Paul Logroño

AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Ing. Katty Coral

AUTOR APORTANTE DE RESPONSABILIDAD UNO: Dr. Jesús López

AUTOR APORTANTE DE RESPONSABILIDAD DOS: Ing. Johanna Medrano

Universidad SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador.

RESUMEN

En la presente investigación se logró realizar un monitoreo para determinar la calidad del aire en cuanto a material particulado sedimentable en dos puntos estratégicos de la ciudad de Riobamba; el colegio Salesianos por incidencia industrial en el sector, y en el sector sur de la ciudad de Riobamba en la avenida Pedro Vicente Maldonado debido al alto flujo vehicular, zona comercial y residencial. Se realizó un monitoreo de material particulado sedimentable, en ambos sectores mediante la utilización de un equipo de muestreo pasivo elaborado bajo norma del gobierno de Cantabria- España 2013, el cual se basa en la captación del material particulado, así como agua lluvia con las partículas sedimentables, las muestras fueron tomadas en un periodo de 30 días (un mes), como se establece en la metodología aplicada para el tipo de equipo a utilizarse, como también en la normativa ambiental ecuatoriana. El periodo de monitoreo para el colegio Salesianos fue desde el 1 al 30 de abril de 2022, para el sector sur se realizó del 2 al 31 de mayo de 2022.

Las concentraciones de material particulado sedimentable obtenidas fueron comparadas con los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cual establece un máximo de $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, así como del Acuerdo Ministerial 097-A, anexo 4 Norma de Calidad del Aire Ambiente que establece un máximo de $1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, es así que después del proceso de monitoreo y análisis en el laboratorio el resultado de concentración de material particulado sedimentable en el colegio Salesianos es de $12,29 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ y para el sector sur de la ciudad el valor es de $5,37 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$.

Es evidente que en ninguno de los sectores estudiados los valores de material particulado sedimentable se encuentran dentro de los límites permisibles, en el colegio Salesianos el valor registrado supera en un porcentaje de 1229%, debido a la incidencia industrial en la zona, mientras que, en el sector sur, el valor supera la norma en un 537%, por acciones antrópicas que se da en el lugar, flujo vehicular (transporte de carga pesada), zona comercial y residencial.

Palabras clave: material particulado sedimentable, monitoreo, calidad del aire, pH, conductividad eléctrica.

Abstract.

In the present investigation, it was possible to carry out a monitoring to determine the quality of the air in terms of sedimentable particulate material in two strategic points of the city of Riobamba in the Salesianos High School due to industrial incidence in the sector, and in the southern sector of the city of Riobamba Avenida Pedro Vicente Maldonado due to the high vehicular flow, commercial and residential area. A monitoring of sedimentable particulate material was carried out, in both sectors, through the use of a passive sampling equipment under the rule of the government of Cantabria-Spain 2013, which is based on the capture of particulate material, as well as rainwater with the sedimentable particles, the samples were taken in a period of 30 days (one month), as established in the methodology applied for the type of equipment to be used, as well as in the Ecuadorian environmental regulations. The monitoring period for the Salesianos High School was from April 1 to 30, 2022, for the southern sector it was carried out from May 2 to 31, 2022.

The concentrations of sedimentable particulate material obtained were compared with the maximum permissible limits of the World Health Organization (WHO), which establishes a maximum of $0.5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, as well as the Ministerial Agreement 097-A, annex 4 Ambient Air Quality Standard that establishes a maximum of $1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, so that after the process of monitoring and analysis in the laboratory, the result of the concentration of sedimentable particulate material in the Salesianos school is $12.29 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ and for the southern sector of the city the value is $5.37 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$.

It is evident that in none of the studied sectors the values of sedimentable particulate material are within the permissible limits, in the Salesianos High School the value registered at this point exceeds a percentage of 1229%, due to the industrial incidence in the area, while in the southern sector, the value exceeds the norm by 537%, due to anthropic actions that occur in the place, vehicular flow (heavy load transport), commercial and residential areas.

Keywords: sedimentable particulate matter, monitoring, air quality, pH, electrical conductivity.

INTRODUCCIÓN.

En el transcurso de los años se ha demostrado que la contaminación del aire producido por diferentes factores ha provocado que la salud de las personas se vea afectada en sus diferentes niveles de riesgo, a su vez el crecimiento poblacional, industrial y por ende urbano, incrementan cada vez más estos problemas. Estudios y análisis demuestran que la contaminación del aire en el mundo por año, causa millones de muertes, así como la posibilidad de padecer enfermedades, es por ello que se ha considerado dentro de las amenazas del ambiente más riesgosas para el ser humano, incluso se encuentra en los mismos niveles de otros tipos de riesgos que afectan al ser humano, por ejemplo el consumo del tabaco entre otros (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Al hablar de la contaminación en la atmósfera es necesario enfocarse en la capa que se encuentra más cerca de la tierra, es decir de su superficie, hablamos de la tropósfera, que está compuesta de nitrógeno (N_2) en un 78%, oxígeno (O_2) en un 21%, y otros elementos que conforman el 1% restantes, incluso agua, misma que es conocida como humedad atmosférica que en temas climáticos es de gran relevancia (Mora, Sibaja, & Borbón, 2021).

El aire se ve afectado por dos tipos de fuentes contaminantes, debido a las actividades antrópicas realizadas por el hombre (industrias, parque automotor, etc.), y contaminantes que provienen de fuentes naturales (efectos producidos por la erosión, erupciones de volcanes, etc.), estos contaminantes poseen una clasificación que les divide en contaminantes con propiedades químicas y físicas; es decir, que existen gases así como partículas en suspensión de los contaminantes antes mencionados. (Valdivieso & Coral, 2018)

Dentro de los principales contaminantes que afectan a la atmósfera según la Organización Mundial de la Salud y distintas investigaciones, se encuentran contaminantes como el NO_2 (dióxido de nitrógeno), el SO_2 (dióxido de azufre), el O_3 (ozono) y por último podemos hacer mención a las partículas, mismas que por su variación en el tamaño son peligrosas para el ser humano, ya que pueden originar enfermedades graves, estas partículas se depositan en los pulmones ocasionando graves problemas respiratorios, todo esto dependiendo a su nivel de exposición y del tamaño de la partícula. (Villacrés & Beltrán, 2015)

Según (Arrieta, 2016), se considera material particulado al grupo, conjunto o a su vez una mezcla muy compleja entre las partículas sólidas y líquidas; estas partículas presentan características físicas como químicas y está compuesta de pequeños fragmentos de cenizas, minerales como de restos de desechos orgánicos, aerosoles, polen entre otras sustancias que se encuentran suspendidas en el aire producto de las diversas actividades del ser humano, estas partículas presentan una clasificación de acuerdo al tamaño, es así que a las partículas, sean estas sólidas o a su vez líquidas, con un tamaño de 10 micrones o más se conocen como material particulado sedimentable (PMS), están las partículas que presentan un tamaño menor a los 10 micrones que se les denomina material particulado PM_{10} y por último las partículas con un tamaño menor a los 2,5 micrones y se lo conoce como material particulado $PM_{2,5}$, este último es el más peligroso para el ser humano debido a su tamaño diminuto, lo cual hace que sea más fácil ingresar al organismo, una de las características del material particulado es que puede mantenerse suspendido por un corto periodo de tiempo en el aire (Villacrés & Beltrán, 2015).

El tráfico vehicular, así como las actividades industriales que son motivos de este estudio son uno de las principales fuentes de contaminación del aire, según (Huatuco, 2018), esta contaminación consiste en la mezcla del material particulado con gases y otros componentes de origen orgánico.

Es importante también mencionar factores que ayudan a determinar las concentraciones del material particulado (PM), como son los factores meteorológicos, las condiciones climáticas que se dan en una determinada zona, estos son de gran importancia para una mejor determinación de la concentración del PM, factores como la velocidad, dirección del viento, precipitación ayudan a tener mayor claridad para conocer la dispersión del contaminante (Andi, Vega, & Santillán, 2019).

El agua de lluvia y su composición química dependen mucho de la zona o región, la lluvia, así como otros factores como la niebla, son conocidos por su capacidad de destilación natural, al condensarse, el agua logra interactuar con diferentes sustancias que se encuentran presentes en el aire y logra que una parte de estas se disuelvan, es por eso que mientras el agua de la lluvia empieza su descenso a la superficie, en su camino acumula una mayor cantidad de contaminantes e impurezas del aire, las primeras gotas de lluvia en caer a la superficie son las que mayor presencia de contaminantes posee, mientras siga la lluvia el porcentaje del contaminante disminuye hasta llegar a una agua limpia, es por eso que tanto la lluvia como la niebla son factores que ayudan a la captura

de estas impurezas, contaminantes que se encuentran en el aire (Mora, Sibaja, & Borbón, 2021).

La lluvia al entrar en contacto con las partículas que se encuentran suspendidas en el aire, provoca el arrastre de las mismas, esto debido a la precipitación, tomando en cuenta que de acuerdo al tamaño de estas partículas se da el proceso de su descenso, partículas que poseen tamaños que están por debajo de un micrómetro descienden por difusión, y cuando su tamaño es mayor descienden por acción de la gravedad en gotas de lluvia (Saravia & Gil, 2020).

En Riobamba poco son los estudios que se han realizado en temas de calidad del aire, pero es importante que existan estudios que aporten con información para futuras investigaciones con la finalidad de conocer la realidad de la calidad de aire que se respira a diario, se ha considerado en este estudio a dos puntos de monitoreo como son el colegio Santo Tomas Apóstol de Riobamba (Salesianos), el cual se encuentra ubicado en una zona de alta presencia industrial, y al sector Sur de la ciudad en la avenida Pedro Vicente Maldonado en donde existe alto flujo vehicular y comercial.

El Colegio Salesianos fue escogido por que la presencia industrial colindante ha sido motivo de preocupación para esta unidad educativa, así como para los moradores del sector, ya que están expuestos diariamente al contacto con estas partículas lo que les causa enfermedades respiratorias, por otro lado se escogió el sector sur de la ciudad en la Avenida Pedro Vicente Maldonado, debido a la alta congestión vehicular existente por ser el ingreso a la ciudad, como también la conexión entre las provincias del norte y sur del país, asimismo existe gran presencia comercial y residencial, ya que alberga a estudiantes de todo el país debido a la cercanía con Instituciones de Educación Superior.

El Objetivo General de este estudio, consistió en determinar la concentración de material particulado sedimentable en el colegio Santo Tomás Apóstol de Riobamba (Salesianos) por incidencia industrial y en el sector sur de la ciudad de Riobamba, para el establecimiento de calidad ambiental, para ello se generaron los siguientes objetivos específicos:

- Efectuar un muestreo de material particulado sedimentable en el colegio Santo Tomás Apóstol de Riobamba y en el sector Sur de la ciudad de Riobamba en el periodo de un mes para cada punto.
- Comparar el resultado de la concentración de material particulado sedimentable con los valores máximos permisibles dentro de la normativa Ambiental vigente (Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 4) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Realizar un análisis comparativo de los resultados de la concentración de material particulado sedimentable entre un sector con presencia industrial y un sector con alto flujo vehicular y comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para el presente estudio sobre la determinación de la concentración de material particulado sedimentable con la finalidad de establecer la calidad ambiental en dos puntos con diferentes alteraciones en la ciudad de Riobamba, se utilizó un equipo de muestreo pasivo captador del polvo sedimentable, con las especificaciones establecidas para su construcción por el Gobierno de Cantabria- España 2013, dentro de su libro de Registro de Mediciones anexo V, que habla sobre la emisión de los contaminantes a la atmósfera, anexo en el que se detalla el método, descripción y medidas del equipo. Este equipo es propiedad de la Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias aplicadas, fue construido y ajustado plenamente a los requerimientos de la norma antes detallada.

Materiales

- Equipo captador de polvo sedimentable
- Papeles filtro
- GPS
- Embudos para Filtración

- Balanza analítica Calibrada GARMI
- Medidor de pH y conductividad eléctrica
- Balones aforados
- Estufa
- Desecador
- Pinzas
- Cuaderno de apuntes
- Computadora
- Software ArcGIS Versión 10.4
- Herramienta Google Earth Pro (Sistema de Información Geográfica)

En las **Figuras 1 y 2** se puede observar las especificaciones que tiene el equipo colector de acuerdo a lo que manifiesta la Consejería del Medio Ambiente de Cantabria, así como las partes del equipo y sus dimensiones:

Soporte. - Consiste en un trípode de un material que resista a la corrosión, mismo que sostendrá el frasco en donde se recolectara la muestra, así como también sostendrá al embudo en su parte superior para que ingrese la muestra con la presencia de una rejilla metálica que cumplirá la función de proteger que no ingresen restos extraños a la muestra (Gobierno de Cantabria, 2013).

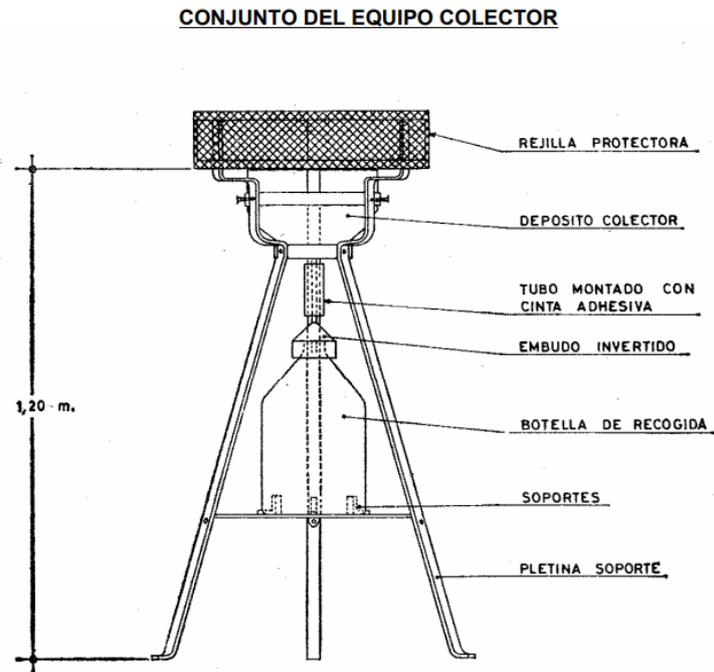
Depósito colector. – Este debe ser de un material resistente, inoxidable, dicho depósito posee un factor que mediante su multiplicación con el peso total del sedimento nos ayudará a obtener el valor del material sedimentable de la muestra (Gobierno de Cantabria, 2013), la fórmula del factor del depósito colector es la siguiente donde D es el diámetro del depósito y el resultado esta expresado en m⁻²:

$$F = \frac{127,3 \times 10^6}{D^2} \quad (\text{Ec.1})$$

Frasco colector. - Es aconsejable que sea de vidrio para una mejor deposición de la muestra y que su capacidad de recolección este acorde a los niveles de pluviometría de la zona (Gobierno de Cantabria, 2013).

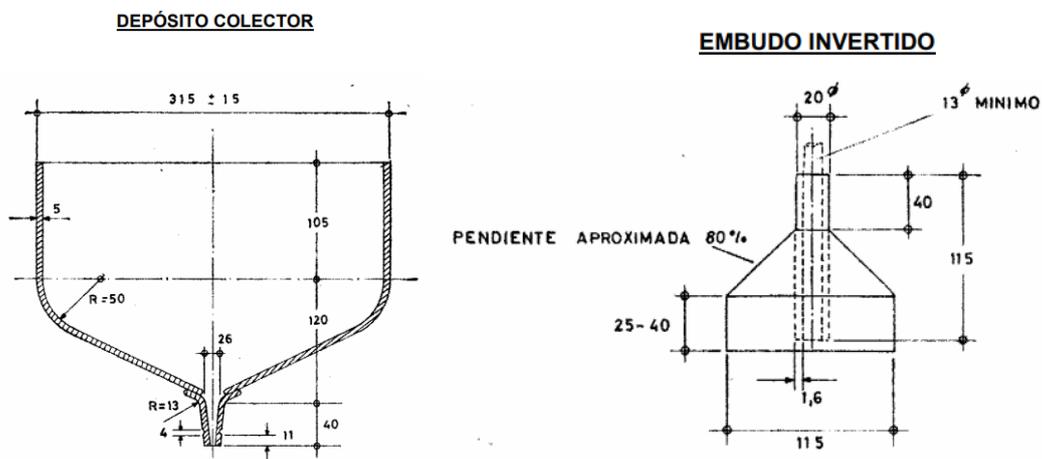
Conexión. - Mediante un tubo se conecta al embudo con el frasco colector, tomando en cuenta consideraciones, como al ingreso del frasco colector ubicar un tipo de embudo que no permitirá el ingreso de otro tipo de polvo líquido que no forme parte de la toma de muestra del equipo (Gobierno de Cantabria, 2013).

Figura 1. Partes del Equipo de Monitoreo Pasivo



Fuente: (Gobierno de Cantabria, 2013)

Figura 2. Dimensiones del Embudo



Fuente: (Gobierno de Cantabria, 2013)

Ubicación de las áreas de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en la zona centro del país en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, ubicado en la región interandina, el tamaño del cantón es de aproximadamente 99877.905 ha, en donde predomina el sector rural con mayor parte

de este territorio, en este caso se hará énfasis en el sector urbano motivo de la investigación, el clima que predomina en la mayoría del año en la ciudad de Riobamba va del Frío templado a Semi frío con una temperatura promedio de 12,3 °C y con una altitud que esta sobre los 2750 m.s.n.m (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba, 2020).

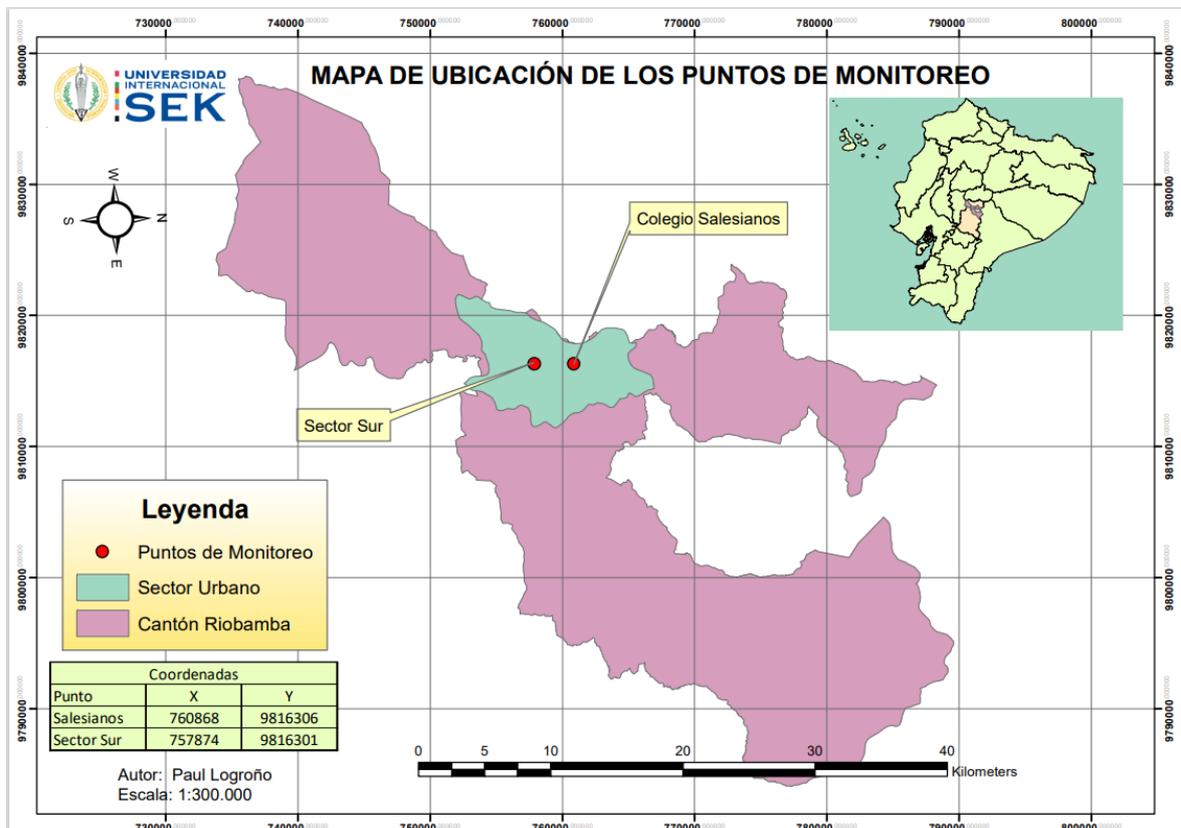
En la **Figura 3** se pueden identificar los dos puntos de monitoreo en cuanto a la ubicación que tienen dentro del cantón Riobamba, en la **Figura 4 y 5** se detalla con mayor claridad las ubicaciones de cada uno de los puntos de monitoreo cada uno de ellos con sus respectivas coordenadas en el sistema WGS UTM Zona 17S como se puede ver en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de Monitoreo

Punto Monitoreo	Coordenadas WGS UTM Zona 17S	
	Latitud	Longitud
Salesianos	760808	9816333
Sector Sur	757871	9816299

Elaborado por: Autor 2022

Figura 3. Mapa de Ubicación de los Puntos de Monitoreo



Elaborado por: Autor 2022

Figura 4. Ubicación del Colegio Salesianos



Elaborado por: Autor 2022

En la **Figura 4** se observa la ubicación del punto de monitoreo en el colegio Salesianos, el mismo que se encuentra rodeado de una zona industrial y habitacional es por eso que se decidió realizar el monitoreo en esta zona para poder identificar la concentración de MPS que las actividades antes mencionadas provocan.

Figura 5. Ubicación en el Sector Sur- Av. Pedro Vicente Maldonado



Elaborado por: Autor 2022

Para el otro punto de monitoreo se escogió al sector sur de la ciudad, debido a su alta congestión vehicular y comercial, la avenida Pedro Vicente Maldonado es una vía de paso de maquinaria pesada y transporte provincial y urbano como se puede observar en la **Figura 5.**

Implantación del Equipo y monitoreo de MPS

Una vez identificada la ubicación para el monitoreo se procedió a la implantación del equipo colector, según él (Gobierno de Cantabria, 2013), se deben tomar algunas consideraciones para obtener una mejor muestra, como por ejemplo ubicar el equipo en un área o espacio abierto, es decir que se encuentre libre de obstáculos (árboles, edificaciones, muros, etc.,) con la finalidad de que no interfiera en la recolección de la muestra, la altura del equipo debe estar de preferencia a nivel del suelo y correctamente sujetado para evitar movimientos o caídas por acción del viento o su vez por la manipulación de personas.

Una vez ubicado el equipo se procedió a la toma de coordenadas del punto de monitoreo con la ayuda del GPS y seguir un control del monitoreo durante el periodo de un mes como lo manifiesta el método y para realizar las comparaciones con los límites establecidos por las normativas vigentes.

Procedimiento de Laboratorio

Una vez transcurrido el mes de monitoreo se trasladó la muestra al laboratorio para los análisis, de inicio se toman los datos de pH y conductividad eléctrica de la muestra del agua lluvia.

De acuerdo a la metodología del equipo colector y su instrucción técnica por parte del (Gobierno de Cantabria, 2013) se preparan balones aforados para la filtración de la muestra tomando en cuenta el volumen que se recolecto en el mes, de allí se procedió a pesar el papel filtro registrando su valores antes de realizar la filtración, una vez pesado los papeles filtro se procedió a la filtración en los balones de aforo hasta finalizar con la muestra y conocer el volumen que se obtuvo.

Para el proceso de volatilización se ingresaron los papeles filtro a la estufa a 105°C en un periodo de 24 horas, transcurrido este tiempo se colocan los papeles filtro en el desecador para eliminar la humedad restante por el periodo de 30 minutos, una vez culminado este tiempo se vuelven a pesar los papeles filtro, la diferencia de pesos antes y después de la filtración es el resultado del material particulado sedimentable. (Gobierno de Cantabria, 2013)

Las fórmulas que se aplican para obtener el resultado del MPS son las siguientes:

Primero se calculó el peso total del MPS según la ecuación 2:

$$PT = PFS - PFP \quad (Ec.2)$$

Donde:

PT: Peso total del MPS en mg

PFS: Peso del papel filtro antes de la filtración, es decir sin precipitación en mg

PFP: Peso del papel filtro posterior a la volatilización y secado en mg

Posterior al resultado obtenido del peso total de la muestra (ecuación 2) se multiplicó con el resultado de la ecuación 1 que corresponde al factor de corrección del embudo para obtener la cantidad de MPS en $\text{mg}/\text{m}^2 \times 30 \text{ d}$:

$$\text{MPS} = \text{PT} \times F \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

MPS: Material particulado sedimentable

PT: Peso total del MPS en mg

F: Factor de corrección del embudo en m^{-2}

Se obtuvo el valor del MPS en $\text{mg}/\text{m}^2 \times 30 \text{ d}$, por lo que se realizó una transformación de unidades con la finalidad de tener el valor a comparar contra los límites máximos permisibles por la normativa Ambiental ecuatoriana vigente (Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 4) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

De igual manera se buscó conocer la concentración del MPS arrastrados por el agua lluvia en las unidades de acuerdo al volumen de la muestra por lo que se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{CMPS} = \frac{\text{PT}}{\text{VF}} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

CMPS: Concentración del MPS en el agua lluvia en unidades de $\text{mg}/\text{L} \times 30 \text{ d}$

PT: Peso total del MPS en mg

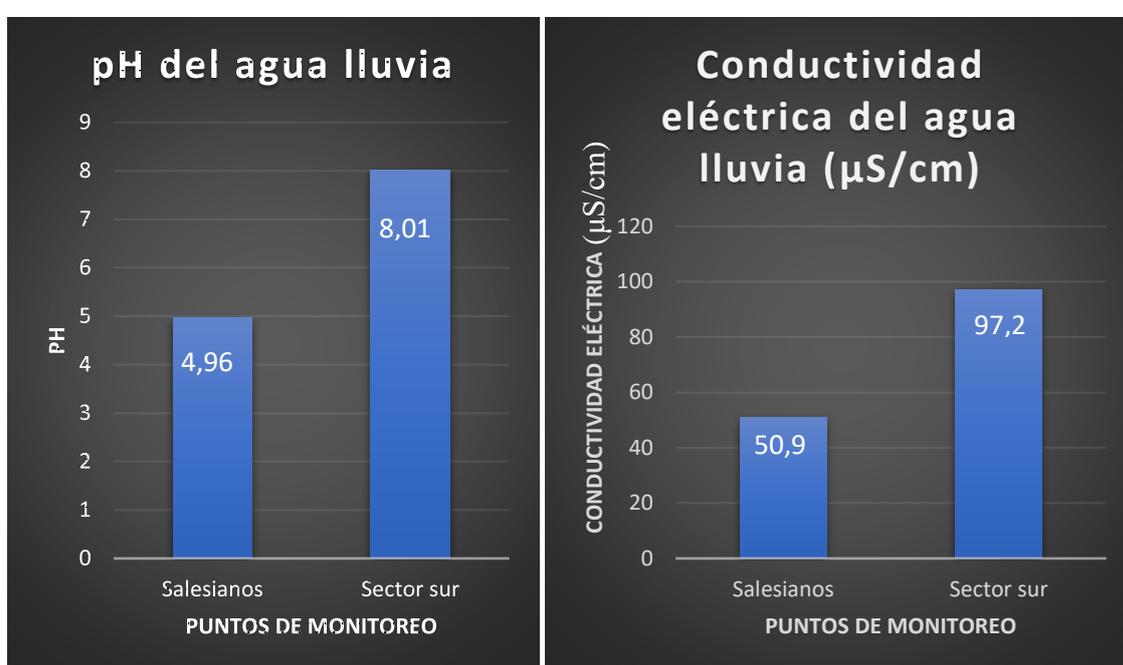
VF: Volumen total de la filtración de la muestra en L

RESULTADOS.

Los monitoreos estuvieron divididos en dos meses, para el colegio Salesianos se realizó del 1 al 30 de abril de 2022, para el sector sur de la ciudad en la Av. Pedro Vicente Maldonado se efectuó del 2 al 31 de mayo, periodo de tiempo que la metodología sugiere aplicar para la recolección de la muestra. (Gobierno de Cantabria, 2013).

Los primeros datos que se obtuvieron fueron los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua lluvia estos son el pH y la conductividad eléctrica, en la **Figura 6** se pueden ver dichos valores.

Figura 6. pH y conductividad eléctrica del agua lluvia



Elaborado por: Autor 2022

En la **Figura 6** se representan gráficamente los valores obtenidos, en donde el pH del agua lluvia en el colegio Salesianos arrojó un valor promedio de 4,96 correspondiente a una lluvia levemente ácida, esto debido a que en este sector la humedad que existe en el aire se combina con los diferentes óxidos que son emitidos por la industria provocando esta lluvia levemente ácida (QAEC,2019), para el punto del sector sur el valor fue de 8,01 pasando a un valor alcalino, lo que quiere decir que en este sector el agua lluvia posee menor presencia de contaminantes respecto al punto en el colegio Salesianos, existe menor interacción de contaminantes con la humedad del aire. Los valores para la conductividad eléctrica arrojaron para la muestra en el colegio Salesianos un valor de 50,9 µS/cm, en cambio en el sector sur tiene un valor de 97,2 µS/cm, en el sector sur al

ser una zona residencial aumenta por el deterioro de construcciones, edificaciones; es decir, paredes que expulsan restos de materiales que incrementan la conductividad eléctrica de dicha muestra, para la zona industrial es más baja debido a que el punto donde se ubicó el equipo de monitoreo es sumamente amplio y libre de cualquier obstáculo o edificaciones.

MPS en el colegio Salesianos (Barrio los Pinos)

En la **Tabla 2** se visualizan los resultados de la concentración de material particulado sedimentable en el colegio salesianos correspondiente al mes de abril de 2022.

Tabla 1. Concentración de MPS en el colegio Salesianos

Material particulado sedimentable Colegio Salesianos			
Coordenadas:	Lat. 760808	Long. 9816333	
Papel filtro	Peso inicial	Peso final	Volumen filtrado (L)
Id	Miligramos		
1	549	1067	
2	668	1080	
3	478	713	
4	351	1053	
5	531	1070	
6	433	1048	
7	413	1065	
8	415	1066	
9	276	1062	
Sumatoria (mg)	4114	9224	3,35 L
PT (Peso Total en mg)		5110	
Factor F= $(127,3 \cdot 10^6 / D^2)$		24,06	
Diámetro del equipo (mm)		230	
CMPS (Concentración de Material Particulado Sedimentable en mg/L/mes)		1525,37	
MPS $(mg/m^2) = PT (mg) \cdot Factor F (m^{-2})$		122946,6	
MPS $(mg/cm^2 \times 30 d)$		12,29	

Elaborado por: Autor 2022

Como se puede visualizar en la **Tabla 2**, se realizaron todos los cálculos expuestos en la metodología de esta investigación, para la filtración de esta muestra se utilizaron un total de 9 papeles filtro para un total de 3,35 litros de agua lluvia recolectada, primero se obtuvo la sumatoria de la masa de los papeles filtro para realizar la diferencia de pesos y por gravimetría obtener el peso total de la muestra, que es de 5110 mg, de igual manera

se obtiene el factor F aplicando la ecuación 1 en donde interviene el diámetro del equipo que es de 230 mm, para finalmente obtener el resultado de material particulado sedimentable aplicando la ecuación 3 que consiste en la multiplicación del peso total y el factor F, dando un valor de $12,29 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, correspondiente al mes de abril de 2022, según los boletines mensuales de la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el mes de abril la precipitación obtuvo un total de 77,4 mm de H₂O.

MPS en el sector sur de la ciudad de Riobamba (Avenida Pedro Vicente Maldonado)

En este punto de monitoreo se tomó la muestra correspondiente al mes de mayo de 2022, obteniendo los resultados que se pueden visualizar en la **Tabla 3** correspondientes a los valores del sector sur de la ciudad de Riobamba (Avenida Pedro Vicente Maldonado).

Tabla 3. Concentración de MPS en el sector Sur

Material particulado sedimentable sector sur			
Coordenadas:	Lat. 757871	Long. 9816299	
Papel filtro	Peso inicial	Peso final	Volumen filtrado (L)
ID	Miligramos		
1	443	1135	
2	471	2012	
Sumatoria	914	3147	0,2
PT (Peso Total mg)		2233	
Factor F = $(127,3 \times 10^6 / D^2)$		24,06	
Diámetro del equipo (mm)		230	
CMPS (Concentración de Material Particulado Sedimentable en mg/L/mes)		11165	
MPS (mg/m ²)= PT (mg)* Factor F (m ⁻²)		53725,98	
MPS (mg/cm² x 30 d)		5,37	

Elaborado por: Autor 2022

En el **Tabla 3** el total de muestra recolectada fue de 0,2 L de agua lluvia, debido a la poca cantidad recolectada fue necesaria la utilización de sólo 2 papeles filtro para realizar el proceso de filtración, el resultado de la concentración de material particulado sedimentable en esta zona de la ciudad es de $5,37 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, según el boletín mensual

de la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el mes de mayo la precipitación obtuvo un total de 44,7 mm de H₂O.

La recolección de la muestra de agua lluvia en el mes de mayo para el punto sur de la ciudad de Riobamba fue menor con apenas 0,2 L de muestra recolectada a comparación del mes de abril para el colegio Salesianos donde se recolectó 3,35 L esto debido a que en el mes de mayo la precipitación fue menor a la de Abril con 44, 7 y 77,4 mm de H₂O respectivamente según los datos de la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

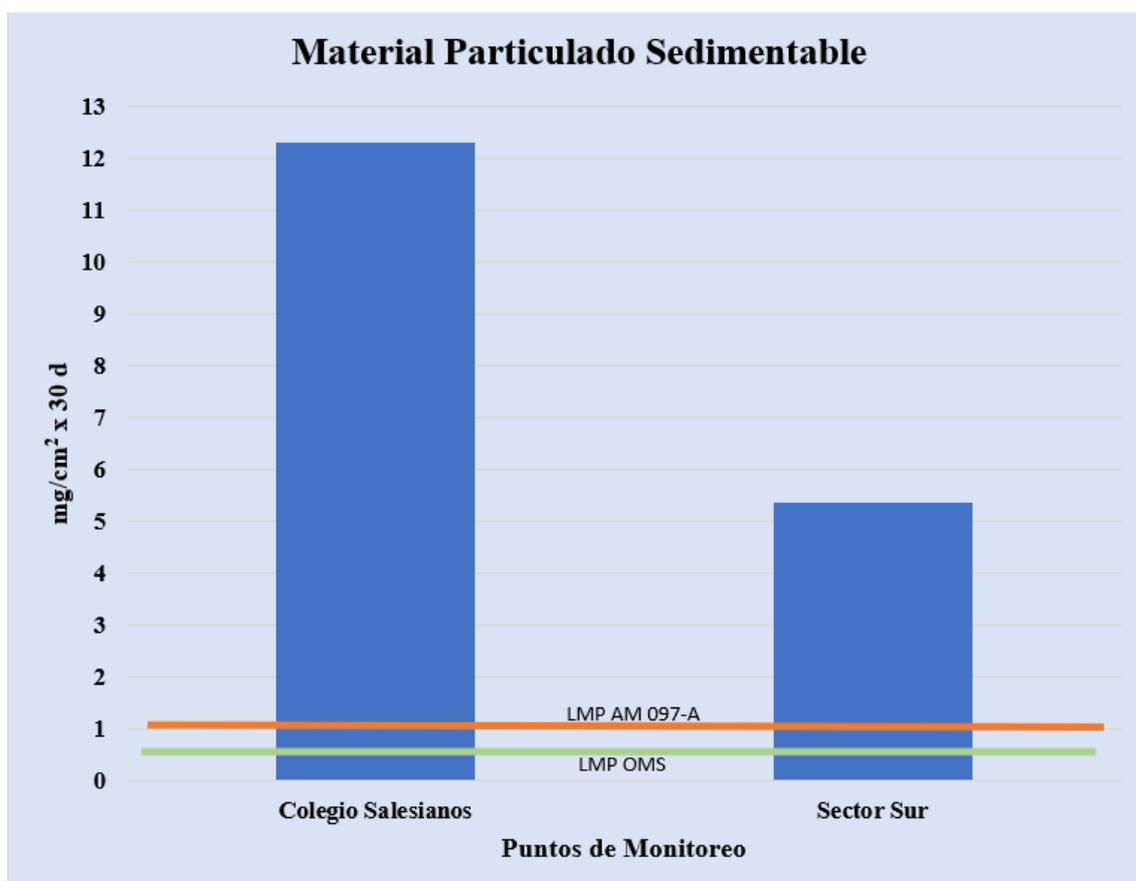
Una vez culminado con el proceso de laboratorio se procedió a comparar dichos resultados con la finalidad de verificar si se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles, a continuación, se presenta en el **Tabla 4** y en la **Figura 7** en donde claramente se identifica que los valores obtenidos tanto en el colegio Salesianos que es de 12,29 mg/cm² x 30 d y del sector sur que es de 5,37 mg/cm² x 30 d, sobrepasan a los límites máximos permisibles tanto de la OMS que establece a 0,5 mg/cm² x 30 d como máximo y el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 4 Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de inmisión establece un máximo de 1 mg/cm² x 30 d, sobrepasando así dichos valores, claro está que en el colegios Salesianos presentó mayor concentración de MPS debido a la fuerte presencia industrial del lugar, para el sector sur es una menor cantidad de concentración pero aun así está fuera de los límites, esta zona es de alta congestión vehicular y alta demanda comercial ya que es una zona residencial de estudiantes universitarios.

Tabla 2 Comparación ante los LMP de la OMS y el Acuerdo Ministerial 097-A

Puntos de Monitoreo	MPS mg/cm ² x 30 d	OMS 0,5 mg/cm ² x 30 d	AM 097-A 1 mg/cm ² x 30 d
Colegio Salesianos	12,29	No Cumple	No Cumple
Sector Sur	5,37	No Cumple	No Cumple

Elaborado por: Autor 2022

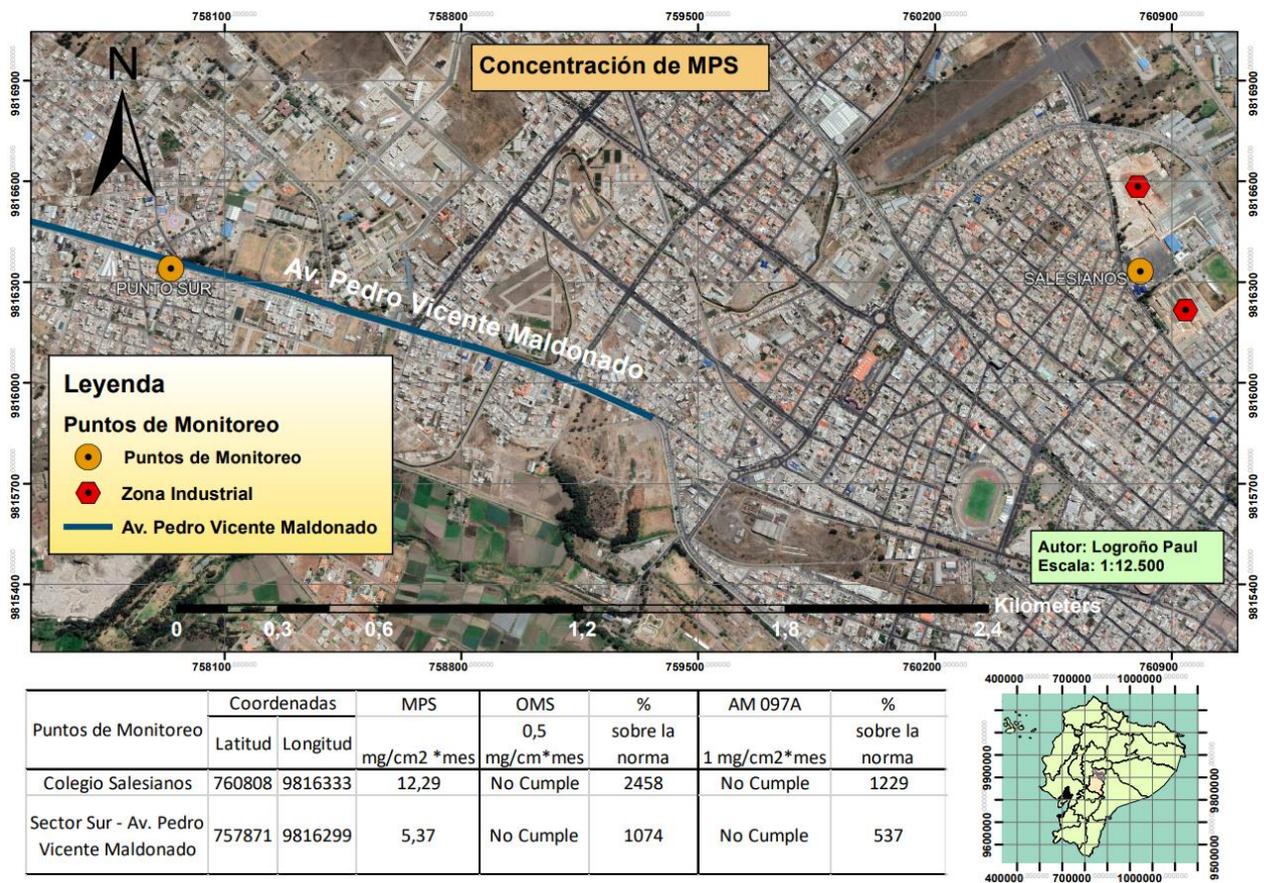
Figura 7. Comparación ante los LMP de la OMS y el Acuerdo Ministerial 097-A



Elaborado por: Autor 2022

En la **Figura 8**, se puede observar un mapa general de la ubicación de cada punto de monitoreo con mayor claridad, con una tabla resumen de los valores obtenidos, en donde se compara ante los límites permisibles de la OMS y AM 097-A, como también se presenta el porcentaje con el que supera dichas normas, para calcular el porcentaje se procedió a realizar una regla de 3 simple, en donde para los límites permisibles el 0,5 y 1 mg/cm² x 30 d corresponden al 100% de concentración de material particulado sedimentable, en la **Figura 8** podemos verificar los resultados del monitoreo.

Figura 8. Resultados de la concentración MPS



Elaborado por: Autor 2022

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el monitoreo de MPS tanto para una zona industrial como para una zona de alto flujo vehicular, residencial y comercial, definitivamente superan las normas con grandes concentraciones de MPS en los dos puntos motivo de estudio, en comparación con estudios realizados en zonas industriales, estos valores están por encima, según (Guevara, Logroño, & Santillán, 2020), en el monitoreo de MPS realizado en 14 puntos de una comunidad aledaña a una zona industrial, el promedio de la concentración de material particulado sedimentable es de 4,24 mg/cm² x 30 d; sin embargo, en el punto más cercano a la industria obtuvieron un valor de 8,45 mg/cm² x 30 d, es por eso que en una comparación con el punto de estudio el cual se encontraba junto a la industria se obtuvo 12,29 mg/cm² x 30 d, lo que indica que los puntos más afectados se encuentran dentro del área de influencia directa a la fuente de emisión del material particulado, que importante que es realizar estudios previos para que una industria se ubique en un determinado sector, de manera que sus operaciones no afecten al ambiente ni a la salud de las personas.

Existen pocas investigaciones sobre la calidad del aire en la ciudad de Riobamba, instituciones de Educación superior como la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Universidad Nacional de Chimborazo, en los últimos años han comenzado a realizar estudios sobre las concentraciones de material particulado sedimentable, este es el caso de una investigación realizada en un barrio (Los Pinos) no muy lejano a la zona de estudio ubicado en el colegio Salesianos que posee influencia industrial, en esta investigación los autores (Ortiz, Tigsi, & Santillán, 2020), identificaron 7 puntos de muestreo en el área de este barrio anteriormente mencionado en combinación a fuentes de emisión tanto industrial, como de flujo vehicular y residencial semejantes a esta investigación, los resultados obtenidos no se alejan a los resultados de este estudio la mayor concentración está en $9,40 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, lo que claramente significa un problema para los habitantes de este sector, la calidad de aire respirable no es la adecuada.

En concordancia, un estudio elaborado en el Parque Industrial de la ciudad de Riobamba con 14 puntos de muestreo se identificó que 6 puntos sobrepasan el nivel permitido según la norma OMS y TULSMA (Carrasco & Santillán, 2021). Por otra parte, el estudio realizado en la Av. La Confraternidad del cantón Pelileo determinó que los nueve puntos monitoreados cumplieron con las normativas vigentes, pero se encontraron grandes porcentajes de O= 55,07 %, C=14,06 %, Si= 16,37 %, Rb= 9,61 % y N= 9,15 % (Cevallos & Chóez, 2022). De igual manera, en una investigación realizada en el cantón Chambo en puntos cercanos a fábricas de ladrillos, se comprobó que los resultados de una estación excede los valores máximos de la normativa es decir $1,07 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ (Gallo & Paredes, 2019). En la Comunidad de Gatazo Grande Cantón Colta se demostró todos los valores obtenidos superan el LMP de la OMS $25 \mu\text{g/m}^3$, pero no sobrepasan el LPM del TULSMA, esto a consecuencia de la actividad industrial adyacente (Paguay, 2021). Cabe recalcar que en los estudios antes mencionados no existe un plan de contingencia para tomar medidas acertadas y pertinentes que disminuyan los niveles de contaminación en la atmosfera.

Por otra parte, en un estudio realizado en la Reserva Biológica Limoncocha con el mismo equipo y metodología utilizada para este estudio, en todos los valores (ocho mediciones periódicas) sobrepasa lo permitido por la legislación ecuatoriana, incluso cuando la zona y las condiciones climáticas son completamente distintas a los de este estudio, se obtuvo valores que van de $1,9 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{mes}$ hasta los $24,7 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{mes}$ (Valdivieso & Coral, 2018).

Adicionalmente en un estudio elaborado en el centro de la ciudad de Riobamba se obtuvo valores medios de $7,72 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ y $12,97 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ excediendo los límites permisibles según la normativa ecuatoriana y la OMS, producto del flujo vehicular existente (Urrutia, 2021).

También existen resultados de estudios realizados para las zonas residenciales como comerciales, es importante establecer una comparación con el valor que se obtuvo en este estudio que fue de $5,37 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, según (Mejía, Zegarra, Astudillo, & Moscoso, 2018), en su estudio establecieron puntos de monitoreo en zonas residenciales y comerciales en la ciudad de Cuenca- Ecuador en donde el 45% de sus puntos superaron los límites establecidos en la normativa ambiental, el punto con mayor concentración que obtuvieron es de $4,32 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, cercano al valor que se registró en nuestro punto de monitoreo, lo que claramente se comprueba que en estas zonas se ven afectadas por el flujo vehicular y diversas actividades antrópicas de estas zonas.

Una vez realizado los análisis de material particulado sedimentable se pudo evidenciar que en los dos puntos escogidos para el monitoreo los resultados obtenidos sobrepasan los límites máximos permisibles, según la Organización Mundial de la salud (OMS) establece un máximo permisible de MPS de $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ como el 100%, de acuerdo a los resultados obtenidos la concentración supera estos límites en un 2458% en el colegio Salesianos, en el sector sur en la Av. Pedro Vicente Maldonado supera en un 1074%. Los resultados también sobrepasan los límites que la normativa ambiental exige en este caso en el Acuerdo Ministerial 097-A dentro de su anexo 4 sobre la Norma de calidad de Ambiente establece un máximo de concentración de $1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$ que corresponde al 100%, ante los resultados obtenidos para el colegio Salesianos se supera la norma en 1229% y para el sector sur se supera en 537%, estas concentraciones se dan por la presencia industrial, alto flujo vehicular, que según (Arciniégas, 2012) el escape del diésel de los vehículos es una de las principales causas así como los procesos industriales emiten altas concentraciones de material particulado, lo que provoca efectos sobre la salud, ya que estas partículas pueden ingresar hasta los pulmones incluso afectar al corazón, afectan al ambiente debido a que estas partículas pueden ser transportadas largas distancias por acción del viento y depositarse en el suelo o en el agua, incluso puede aportar en daños materiales como monumentos o edificaciones de importancia cultural como lo manifiesta la (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2022).

En comparación entre los dos puntos de monitoreo, en el colegio Salesianos se obtuvo mayor concentración de material particulado sedimentable de $12,29 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, esto debido a la fuerte presencia industrial, en este caso enfocada a la producción de materiales de cerámica, proceso que emite polvo hacia la atmósfera producto de la trituración y molienda de las materias primas, utilizadas para la elaboración de los productos derivados de la cerámica, por otro lado en el sector sur de la ciudad en la Av. Pedro Vicente Maldonado se obtuvo una concentración de $5,37 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ d}$, que de igual manera sobrepasa los límites permisibles, esto debido al alto flujo vehicular de la zona, donde se emiten partículas a la atmósfera, principalmente se encuentran partículas como el hollín que se da producto de una combustión incompleta, como también partículas de varios metales de tamaño diminuto, que son las más peligrosas debido a su facilidad de ingresar a los pulmones, pero al establecer una comparación entre estos dos sectores motivo de estudio, es claro y evidente que en el sector donde existe la presencia de procesos industriales la calidad del aire es afectado en mayores concentraciones a un sector con alto flujo vehicular.

CONCLUSIONES

- En la presente investigación se logró obtener las concentraciones de material particulado sedimentable correspondientes a dos sectores de la ciudad de Riobamba, identificando valores que superan los límites máximos permisibles afectando la calidad del aire del sector y por ende la salud de las personas.
- El pH del agua lluvia en el colegio Salesianos arrojó un valor promedio de 4,96 correspondiente a una lluvia levemente ácida, esto debido a que en este sector la humedad que existe en el aire se combina con los diferentes óxidos que son emitidos por la industria, para el punto del sector sur el valor fue de 8,01 pasando a un valor alcalino, lo que quiere decir que en este sector el agua lluvia posee menor presencia de contaminantes, existe menor interacción de contaminantes con la humedad del aire.
- Se comprobó que en el sector sur al ser una zona residencial la conductividad eléctrica aumenta por el deterioro de construcciones, edificaciones; es decir, paredes que expulsan restos de materiales que incrementan la conductividad eléctrica de dicha muestra, a diferencia de la zona industrial donde los resultados fueron bajos debido a que el punto donde se ubicó el equipo de monitoreo fue amplio y libre de cualquier obstáculo o edificaciones.

RECOMENDACIONES

- Es necesario ampliar esta investigación mediante más mediciones periódicas (al menos 6) dentro de estos puntos con la finalidad de observar el comportamiento del material particulado sedimentable a través del tiempo.
- El sector industrial de la zona aledaña al colegio Salesianos debería enfocarse en temas como la calidad del aire y como disminuir estos niveles de concentración que son provocadas debido a sus actividades.
- Sería importante para futuros estudios conocer mediante el material particulado sedimentable los metales que se encuentran presente en estas partículas, conocer qué tipo de contaminante se encuentra en el aire que estamos respirando.
- Se recomienda en lo que tiene que ver a la implantación del equipo recolector el cuál va a estar durante un periodo de un mes para la recolección de la muestra de agua lluvia, que se encuentre lo más fijo y a nivel del suelo, esto con la finalidad de que no exista movimiento por acciones del viento o por manipulación de alguna persona, es importante que este en un área libre de edificaciones, u obstáculos que puedan alterar la recolección de la muestra.
- Se deben realizar estudios de salud ambiental entre los habitantes y estudiantes para establecer las repercusiones de estos valores.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (23 de mayo de 2022). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Obtenido de EPA.gov: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Andi, J., Vega, R., & Santillán, G. (2019). *Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el sector Calpi cantón Riobamba por incidencia Industrial*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Arciniégas, C. (enero de 2012). *Diagnóstico y Control de Material Particulado: Partículas Suspendidas Totales y fracción Respirable PM₁₀*. Luna Azul(34), 195-2013.
- Arrieta, A. (2016). *Dispersión de material particulado (PM₁₀), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos*. Revista Ingeniería, 16(2), 43-54.
- Carrasco, K., & Santillán, G. (2021). *Determinación de la concentración de material particulado sedimentable en el Parque Industrial de la Ciudad de Riobamba*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8352>
- Cevallos, J., & Chóez, J. (2022). *Concentración de material particulado sedimentable para la determinación del grado de contaminación de aire en la Av. Confraternidad, Cantón Pelileo*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/35446>
- Gallo, A., & Paredes, C. (2019). *Determinación y caracterización de las concentraciones de material particulado sedimentable del sector de ladrilleras de la Matriz del Cantón Chambo*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5623>

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba*. En G. M. Riobamba, PDyOT Tomo 2 (pág. 243). Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Gobierno de Cantabria. (2013). *Anexo V, Libros de Registro de Mediciones, Emisión de Contaminantes a la Atmósfera*. Cantabria, España.
- Guevara, E., Logroño, B., & Santillán, G. (2020). *Determinación de la concentración de material particulado sedimentable y volátil en la comunidad de San José de Chanchahuan por incidencia Industrial*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Huatuco, M. (2018). *Influencia del material particulado sedimentable en el secuestro de carbono en la vegetación de Lima*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Peru.
- Mejía, D., Zegarra, R., Astudillo, A., & Moscoso, D. (enero-diciembre de 2018). *Análisis de Partículas Sedimentables y Niveles de Presión Sonora en el área urbana y periférica de Cuenca*. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas(19), 55-64.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Quito: LEXIS.
- Mora, J., Sibaja, J., & Borbón, H. (enero-marzo de 2021). *Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica del agua de lluvia y de niebla*. Tecnología en Marcha, 34(1), 92-103.
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. WHO. Obtenido de

http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=CF89A50BC357ECE5E73784E348B7654E?sequence=1

Organización Mundial de la Salud. (22 de septiembre de 2021). *Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire*. Recuperado el 22 de septiembre de 2021, de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>

Ortiz, E., Tigsi, V., & Santillán, G. (2020). *Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el barrio Los Pinos cantón Riobamba por incidencia Industrial*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.

Paguay, F. (2021). *Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable en la Comunidad de Gatazo Grande Cantón Colta por incidencia industrial*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7694>

QAEC. (2019). *Lluvia Ácida. Obtenido de Conocimiento AEC*: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/lluvia-acida#:~:text=La%20lluvia%20%C3%A1cida%20se%20forma,%C3%A1cido%20sulf%C3%BArico%20y%20%C3%A1cidos%20n%C3%ADtricos>.

Saravia, C., & Gil, J. (2020). *Contaminación de agua lluvia y su relación con la calidad del aire por concentraciones de material particulado en la ciudad de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el septiembre de 2020

- Valdivieso, J., & Coral, K. (2018). *Determinación de la concentración de metales pesados mediante la caracterización de material particulado sedimentable en la Reserva Biológica Limoncocha, noviembre 2016 a junio 2017*. Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Urrutia, B. (2021). *Estimación de la concentración de material particulado sedimentable en el centro histórico de la Ciudad de Riobamba*.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8492>
- Villacrés, M., & Beltrán, A. (2015). *Evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Ambato relacionada con el material particulado sedimentable*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

ANEXOS

Anexo 1	Anexo 2
	
<p>Descripción: Ubicación del equipo en el colegio Salesianos.</p> <p>Fuente: Autor 2022</p>	<p>Descripción: Ubicación del equipo en el sector sur de la ciudad de Riobamba.</p> <p>Fuente: Autor 2022</p>
Anexo 3	Anexo 4
	
<p>Descripción: Toma de los parámetros de pH y conductividad eléctrica</p> <p>Fuente: Autor 2022</p>	<p>Descripción: Pesaje de los papeles filtro previo a la filtración.</p> <p>Fuente: Autor 2022</p>

<p>Anexo 5</p>	<p>Anexo 6</p>
	
<p>Descripción: Proceso de Filtración Fuente: Autor 2022</p>	<p>Descripción: Colocación de los papeles filtro en la estufa para eliminar la humedad. Fuente: Autor 2022</p>
<p>Anexo 7: AM 097 A, ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4</p>	
<p>4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente</p> <p>Partículas sedimentables. - La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm² x 30 d). (Ministerio del Ambiente, 2015)</p>	
<p>Anexo 8: Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.</p>	
<p>La organización Mundial de la Salud aplica una razón entre el MP_{2,5} sobre el MP₁₀ para establecer un límite permisible en las zonas urbanas de 0,5 mg/cm² x 30 d. (Organización Mundia de la Salud, 2005)</p>	