



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad
atmosférica del Distrito de Morales – Provincia de San Martín –
2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Colichon Carranza, Rodrigo David (ORCID:0000-0002-1288-8751)

Torres del Aguila, Alexis (ORCID: 0000-0002-5429-5102)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

TARAPOTO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedicamos con todo el corazón nuestra tesis a nuestros familiares, pues sin ellos no lo habíamos logrado. La bendición que nos dan a diario nos protege y nos lleva por el camino del bien. Por eso les damos este trabajo en ofrenda por la paciencia y el amor que nos dieron. Los amamos

Agradecimiento

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban nuestros padres por el avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.

A nuestros padres por ser ellos nuestros principales promotores de nuestros sueños, gracias a ellos por poner su confianza y creer en nosotros y en nuestras expectativas para el desarrollo de nuestra tesis que va ser nuestro pilar para poder forjarnos como mejores seres humanos y profesionales, gracias a la empresa TUSAN por el apoyo con los equipos utilizados para hacer realidad este sueño.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que nos apoyaron familiares, amigos y creyeron en la realización de esta tesis.

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Resumen..... | viii |
| Abstract..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 7 |
| III. METODOLOGÍA..... | 26 |
| 3.1. Tipo de investigación..... | 26 |
| 3.2. Variables y operalización | 26 |
| 3.3. Población, muestra y muestro | 28 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 30 |
| 3.4.1. Técnicas de recolección de datos | 30 |
| 3.5. Procedimiento | 31 |
| 3.6. Método de Análisis de datos..... | 38 |
| 3.7. Aspectos técnicos | 38 |
| IV. RESULTADOS | 39 |
| 4.1. Analizar las concentraciones de material particulado 2.5, frente a los valores de referencia internacional. | 41 |
| 4.2. Analizar la influencia de las concentraciones de material particulado 2.5, frente a la normativa nacional..... | 42 |
| 4.3. Analizar el Impacto del Material Particulado 2.5 en la calidad atmosférica del Distrito de Morales-Provincia de San Martín-2022..... | 45 |
| V. DISCUSIÓN..... | 61 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 68 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 69 |
| REFERENCIAS | 70 |
| ANEXOS | |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Estabilidad y reactividad | 20 |
| Tabla 2. Parámetros de Estándares de Calidad Ambiental..... | 22 |
| Tabla 3. Valores del Índice de la Calidad del Aire..... | 22 |
| Tabla 4. Cuidados y recomendaciones del Índice de la calidad del aire (INCA) .. | 23 |
| Tabla 5. Calculo del Índice de calidad del aire (INCA) | 23 |
| Tabla 6. Valores de las directrices de la OMS para la calidad del aire | 24 |
| Tabla 7. Metodos analíticos para la caracterización de Material Particulado PM _{2.5} | 24 |
| Tabla 8. Metodos analíticos para la caracterización de Microplásticos (MPs) | 25 |
| Tabla 9. Estándar de Calidad Ambiental del Aire (ECA) | 34 |
| Tabla 10. Medidas de Muestreo..... | 36 |
| Tabla 11. Materiales y equipos utilizados para la medición en polvo en Material Particulado (PM _{2.5}) | 36 |
| Tabla 12. Resultados de Material Particulado en g/filtro | 39 |
| Tabla 13. Comparación de resultados de Material Particulado PM ^{2.5} , según la OMS | 41 |
| Tabla 14. Comparación de resultados de Material Particulado según ECA..... | 42 |
| Tabla 15. Comparación de Resultados de Material Particulado según Índice de calidad de aire (INCA) | 43 |
| Tabla 16. Calculo del Índice de calidad del Aire (INCA)..... | 44 |
| Tabla 17. Promedio final de las Variables Meteorológicas..... | 45 |
| Tabla 18. Data promedio Dirección del Viento..... | 46 |
| Tabla 19. Concentraciones de límites de contaminantes de aire según EPA de EE.UU | 65 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Efecto del PM 2.5 en la salud del ser humano | 10 |
| Figura 2. Diversas fuentes de contaminación por Microplásticos | 17 |
| Figura 3. El origen, la migración y los daños de los microplásticos | 19 |
| Figura 4. Resultados de literatura usando FTIR | 20 |
| Figura 5. Proceso del muestreo..... | 31 |
| Figura 6. Mapa del lugar de la zona de Estudio | 32 |
| Figura 7. Caracterización de las actividades económicas en los sitios de muestreo | 33 |
| Figura 8. Recolección de muestras | 35 |
| Figura 9. Valores finales en lun puntos de monitoreo en comparación a los valores de la OMS..... | 41 |
| Figura 10. Valores finales en los puntos de monitoreo en comparación con el ECA | 42 |
| Figura 11. Valores de Material Particulado PM _{2.5} utilizando la fórmula de los Índices de calidad del Aire (INCA)..... | 44 |
| Figura 12. Resultado de Material Particulado en los puntos de monitoreo..... | 45 |
| Figura 13. Concentración de Material Particulado (PM 2.5) en relación con las condiciones meteorológicas en las muestras obtenidas durante el monitoreo..... | 46 |
| Figura 14. Promedio final de las variables meteorológicas en relación a la temperatura. | 47 |
| Figura 15. Promedio final de las variables meteorológicas en relación a la Humedad relativa | 48 |
| Figura 16. Promedio Final de las variables meteorológicas en relación con la velocidad del viento (m/s)..... | 49 |
| Figura 17. Rosa de Viento..... | 50 |
| Figura 18. Imagen de la muestra CA-01 en el microscopio (500x) | 51 |
| Figura 19. Imagen de la muestra CA-01 en el microscopio (1500x) | 52 |
| Figura 20. Imagen de la muestra CA-01 en el microscopio (5000x)..... | 53 |
| Figura 21. Análisis de microplásticos en el punto CA-01..... | 54 |
| Figura 22. Análisis de microplásticos en el punto CA-02..... | 54 |
| Figura 23. Análisis de microplásticos en el punto CA-03..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 24. Análisis de microplásticos en el punto CA-04..... | 56 |
| Figura 25. Análisis de microplásticos en el punto CA-05..... | 57 |
| Figura 26. Análisis de microplásticos en el punto CA-06..... | 57 |
| Figura 27. Análisis de microplásticos en el punto CA-07..... | 58 |
| Figura 28. Análisis de microplásticos en el punto CA-08..... | 59 |
| Figura 29. Análisis de microplásticos en el punto CA-09..... | 59 |
| Figura 30. Análisis de microplásticos en el punto CA-10..... | 60 |
| Figura 31. Tasa de letalidad de neumonía por grupo etario, Perú 2018-2021..... | 62 |
| Figura 32. Tasa de enfermedades respiratorias por Material Particulado PM _{2.5} en el centro de salud de Morales | 63 |

Resumen

Las partículas (PM 2.5) contienen una serie de contaminantes presentes en su superficie entre ellos los minerales desprendidos en el ambiente y microplásticos entre otros, estos afectan la condición del aire y la salud poblacional. El objetivo del estudio fue evaluar el impacto del material particulado (PM_{2.5}) en la calidad atmosférica en el distrito Morales de la ciudad de Tarapoto. El diseño fue no experimental, de tipo aplicada y de nivel transversal. Se consideraron 10 estaciones de muestreo donde se colectaron muestras de aire para la medición de PM_{2.5} por gravimetría y la caracterización del PM_{2.5} mediante microscopía electrónica por barrido (SEM) y el análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR); también se hicieron mediciones climatológicas como dirección del viento, humedad relativa, temperatura y velocidad del viento, durante un periodo de 10 días en el mes de marzo del 2022. Los resultados indicaron un rango de PM_{2.5} entre 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (punto: CA-07) y 123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (punto CA-10) y se identificaron micro plásticos de tipo yoduro de perfluorododecilo, lo cual sugiere continuar con un programa de monitoreo como un instrumento que ayude a controlar a las fuentes de contaminación de la ciudad.

Palabras clave: microplástico, PM2.5, variables meteorológicas.

Abstract

The particles (PM 2.5) contain a series of contaminants present on their surface, including minerals released into the environment and microplastics, among others, which affect air quality and people's health. The objective of the study was to evaluate the impact of particulate matter (PM_{2.5}) on atmospheric quality in the Morales district of the city of Tarapoto. The design was non-experimental, applied and cross-sectional. For this purpose, 10 sampling stations were considered where air samples were collected for the measurement of PM_{2.5} by gravimetry and the characterization of PM_{2.5} by scanning electron microscopy (SEM) and Fourier transform infrared spectroscopy analysis. (FTIR); Climatological measurements were also made, such as temperature, relative humidity, wind direction and speed, during a period of 10 days in the month of March 2022. The results indicated a range of PM_{2.5} between 71 µg/m³ (point: CA- 07) and 123 µg/m³ (point CA-10) and perfluorododecyl iodide type microplastic was identified, which suggests continuing with a monitoring program as an instrument to help control sources of pollution in the city.

Keywords: microplastic, PM_{2.5}, meteorological variables.

I. INTRODUCCIÓN

El material particulado presente en la atmósfera genera contaminación, el diámetro aerodinámico menor a $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) es un factor de riesgo ambiental de primer orden y el quinto de mayor mortalidad factor de riesgo a nivel mundial (Health Effects Institute, 2019) y el crecimiento económico (Chen y Chen, 2020). Las partículas suspendidas bloquean la radiación de onda corta entrante, lo que produce un efecto de enfriamiento (He, 2018); como manifestación de los cambios generalizados en los patrones de asentamiento humano y los procesos antropogénicos asociados (Ulpiani, 2020). En el ser humano, la presencia de $\text{PM}^{2.5}$, afecta la primera línea de defensa de las vías respiratorias superiores, así, las personas que respiran altos niveles de contaminantes son más propensas a desarrollar afecciones respiratorias crónicas (Conticini et al., 2020). La concentración de $\text{PM}_{2.5}$ en un lugar y momento específicos está determinada colectivamente por diversos factores, como las emisiones, factores meteorológicos, el microambiente y las transformaciones fisicoquímicas (Hart et al., 2020).

Sin embargo, la exposición a partículas suspendidas $\text{pm } 2.5$ en humanos a través del polvo sigue sin estar clara, principalmente debido a las dificultades asociadas con la manifestación de masa de PM , aunque los efectos adversos de la ingestión de $\text{PM}^{2.5}$ en humanos son discutibles, muchos contaminantes, p. Ej., Ftalatos (PAE) bisfenol A (BPA) y compuestos aromáticos hidrófobos (Chunguang Liu et al, 2019).

El $\text{PM}^{2.5}$ es uno de los contaminantes más peligrosos a comparación del PM^{10} , en china es considerado como uno de los causantes de enfermedades como el cáncer pulmonar, infecciones de las vías respiratorias, además de causar dolores de cabeza, trastornos, náuseas, etc., a raíz de ello existe 1,1 millones de muertes tempranas, por lo que el $\text{PM}_{2.5}$ pone en peligro la salud poblacional (Shah, et al., 2022).

La contaminación de aire generada por material particulado se identifica mediante monitoreos, donde se miden partículas finas de $\text{PM}^{2.5}$, las concentraciones de $\text{PM}^{2.5}$ afectan significativamente a las vías respiratorias y a los pulmones (Xue et al., 2022). Las partículas de $\text{PM}^{2.5}$ son un riesgo para la salud ya que se penetran en el cuerpo humano, se dice que al ser expuesto al aire libre es considerado el quinto

contaminante con factor de riesgo a nivel mundial por lo que la exposición de ello ha representado 4.2 millones de muertes durante más de 100 millones de años (Vikas et al., 2021).

La contaminación por partículas ambientales de menos de 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$) se considera un problema de salud significativo a nivel mundial, que causa mortalidad y diversas morbilidades (Amini et al., 2019)

Sin embargo, cerca de 500 000 muertes por CL y 1,6 millones de víctimas por EPOC en 2016 se atribuyeron a las partículas $\text{PM}_{2.5}$ ambientales como peligro importante en la salud de la población mundial (Schraufnagel et al., 2018).

Se estima que la polución por partículas suspendidas $\text{PM}_{2.5}$ se perjudique aún más en las próximas décadas (Chowdhury et al., 2018).

En consecuencia, a la excesiva urbanización en curso. Esta contaminación por material Particulado $\text{PM}_{2.5}$ afecta nuestro planeta, en donde, tiene alcances globales de gran importancia a través del transporte efectivo por parte de las condiciones meteorológicas que se van a la troposfera y estratosfera inferior, aquí los materiales contaminantes pueden redistribuirse a escala global y, por lo tanto, perturbar el forzamiento del clima global y la calidad del aire (Lelieveld et al., 2018). Además, las emisiones intensivas y las condiciones meteorológicas perjudiciales para el esparcimiento pueden agrandar significativamente las $\text{PM}_{2.5}$ y provocar una muestra peligrosa a corto plazo con altos riesgos para la salud (Chen et al., 2020). La identificación de las diferenciaciones estacionales y diurnas de las concentraciones urbanas de $\text{PM}_{2.5}$ y sus relaciones con la meteorología es la clave para comprender los motores de la contaminación del aire y diseñar estrategias de mitigación efectivas en las ciudades (Schnell et al., 2018).

Los estudios de seguimiento in situ a largo plazo son primordiales para poder percibir estos factores, sin embargo, solo se han realizado unos pocos estudios que brindan investigaciones a largo plazo de $\text{PM}_{2.5}$ y la mayoría de estos se han centrado solo en lugares donde existen una gran cantidad de población (Sharma et al., 2018).

La composición del PM^{2.5} es variada, desde minerales, hasta micro plásticos, en este caso también merecen especial atención, son considerados una preocupación emergente en todo el mundo, ya que según estudios más recientes determina que los microplásticos no son microplásticos, al igual que los pesticidas no son pesticidas no son pesticidas, "Microplásticos", al igual que otras clases de contaminantes químicos, es un término general para una variedad de compuestos químicos únicos, sin embargo, muchas publicaciones científicas, informes de políticas y artículos de prensa presentan los microplásticos como si fueran simplemente un único compuesto o tipo de material (Rochman et al., 2019). La definición más reciente de microplásticos responde a la nomenclatura estándar internacional de unidades (unidades SI) de microplásticos = 5 mm – 1 µm (Hartmann et al., 2019), además el número de publicaciones revisadas por pares sobre microplásticos ha aumentado rápidamente durante la última década (Cunningham y Sigwart, 2019) en casi todos los sistemas ambientales (Güven et al., 2018) así como en alimentos y bebidas para humanos (Cox et al., 2019; Hernández et al., 2019).

De otro lado, en el mundo, la generación de plásticos ha aumentado considerablemente de 1.5 millones de Tn de 1950 a 368 millones de Tn en 2019 revelando el crecimiento en cantidad de residuos generados por las personas, vivir en movimiento exige el uso de productos desechables fáciles de usar, como latas y botellas de refrescos, haciendo que la contaminación plástica este aumentando en todo el mundo. (Verla et al., 2019). Las estimaciones sugieren que la producción de plásticos aumenta un 3% cada año a nivel mundial; este aumento de la producción junto con la población humana en constante crecimiento ha llevado a la generación de grandes volúmenes de desechos plásticos (Enyoh et al., 2019). Se ha estimado que el 55% de la cantidad total de residuos plásticos generados a nivel mundial se desecharon en el ambiente, mientras que el 25% y el 20% fueron incinerados y reciclados respectivamente en 2015 (Hannah Ritchie, 2018).

Sin embargo, las implicaciones de los microplásticos en el medio ambiente no están claras, y algunos estudios sugieren impactos negativos en los organismos, como tasas de crecimiento más bajas, niveles más altos de contaminantes y deformidades esto se debe a que los microplásticos pueden ser de índole física (mecánica) y/o química, naturaleza (toxicológica), estos incluyen la lixiviación de

plásticos de, por ejemplo, contaminantes cancerígenos (Haegerbaeumer et al., 2019).

La variabilidad de la naturaleza de los microplásticos es muy amplia ya que se presenta una gama de polímeros, tamaños de partículas, colores, morfologías y contaminantes asociados (Rochman et al., 2019); además los microplásticos a menudo se encuentran en concentraciones irregulares con mezclas complejas de tipos de partículas, actualmente es difícil determinar el riesgo ecológico que presentan los microplásticos en el ambiente (VKM et al., 2019).

Respecto a su presencia en el aire aún hay muy pocos estudios sobre las características o la distribución especialmente con partículas a diámetros inferiores a $2.5\ \mu\text{m}$ o $10\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$ y de PM_{10}); es sabido que las tasas de deposición de microplásticos en el aire varían según la elevación atmosférica (Liu et al., 2019a). Los microplásticos transportados por el aire tienen mayor movimiento que encontrados en sedimentos o el agua (Evangeliou et al. 2020).

Los microplásticos transportados por el aire son mezclas complejas y dinámicas generalmente compuestas de polímeros, minerales, subproductos de la degradación del plástico y otras sustancias químicas asociadas que pueden cambiar con las condiciones ambientales y afectar sus impactos ambientales; los plásticos sintéticos ampliamente usados a diario son producidos a partir de poliestireno (PS), polipropileno (PP), Polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET) y cloruro de polivinilo (PVC), que pueden penetrar al ambiente y se transforman en microplásticos en la atmosfera (Dong et al., 2020).

También se ha informado acerca de que las partículas ($\text{PM}_{2.5}$) y los microplásticos podrían actuar como portadores de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) que pueden aumentar el riesgo potencial de cáncer (Akhbarizadeh et al., 2021).

En la localidad de Morales, provincia de San Martín, Perú; se han identificado posibles generadores de contaminación de $\text{PM}_{2.5}$ cuya composición podría incluir microplásticos, entre las fuentes destacan plantas molineras de arroz, ladrilleras, vulcanizadoras, estaciones de servicios, agricultura, centros comerciales y talleres dedicados al reusó de plásticos. Bajo estas consideraciones, se determinaron 10 puntos de muestreo del lugar de estudio para coleccionar muestras de $\text{MP}_{2.5}$ y evaluar la presencia de microplásticos que podría afectar la salud de los pobladores moralesinos, pese a estudios existentes en el mundo sobre $\text{PM}_{2.5}$ y MP , en el Perú,

aún no se cuenta con un sistema de monitoreo capaz de mantener redes de muestreo en tiempo real ni con la tecnología para la identificación del MP, en las ciudades más pobladas del país, la red aún es muy limitada y solo algunas pocas entidades cuentan con esta, a la fecha no se cuenta con ningún informe de investigación que demuestre la presencia de MP con el PM_{2.5} de alto riesgo para la salud en dicho lugar. Es importante cubrir esta información para brindar un instrumento de gestión a los tomadores de decisión, a los gobiernos locales y autoridades competentes ya que pueden optimizar el control de las fuentes emisoras y velar por la calidad del aire en beneficio de todo ser vivo y el ambiente. La investigación se justifica sobre 4 criterios, teóricos, social, económicos y ambiental, en la **justificación teórica** se discute el enfoque del tamaño y la persistencia de estas partículas MP_{2.5} que conducen a la acumulación ambiental con posibles consecuencias para los organismos (Oliveira y Almeida, 2019); siendo relevante identificar los procesos fisicoquímicos relacionados con la presencia y concentración de PM_{2.5} y los MP.

Respecto a la **justificación social**, debido a que el PM_{2.5} y microplásticos pudiera estar presente en el ambiente como en el agua, o ecosistemas terrestres, que incluyen las zonas montañosas (Allen et al., 2019) existe potencial peligro de deterioro en las situaciones de existencia del ser humano, la expansión demográfica hace que el ser humano consuma y/o utilice productos derivados de plásticos cuya disposición irresponsable hace que estos desechos se depositen en botaderos o que las actividades humanas generen este tipo de contaminantes, por eso la investigación está dirigida a la difusión de los niveles presentes de PM_{2.5} y MP para sensibilizar y concientizar a la población en general y a las autoridades, así pueden corregir normativas y mejorar sus acciones de control y prevención.

En la **justificación económica** la mayoría de las fibras aéreas son fibras naturales (como el algodón), pero el poliéster (tereftalato de polietileno, también conocido como PET) es una de las fibras sintéticas más comunes (Vianello et al., 2019). Este estudio sugiere a los lectores que reduzcan las compras y el consumo de los plásticos que se utilizan en nuestras actividades diarias, ya que los principales países del mundo utilizan este material para fines sociales, militares, muchos y diversos.

En la **justificación ambiental**, la contaminación y deterioro del aire es un importante riesgo para la higiene ambiental. Se estima que la contaminación del aire ocasiona 6.7 millones de tempranas víctimas cada año en el mundo (GBD, 2019). Se cree que las partículas (PM_{2.5}) son principales causas de efectos nocivos en la salud causados por la contaminación del viento, pero los componentes y/o fuentes de PM_{2.5} más tóxicos no se han determinado definitivamente (Lung-Chi Chen et al, 2022). En ese contexto, la investigación busca medir los impactos que genera la presencia de material suspendido (PM_{2.5}) y microplásticos en la calidad atmosférica de Morales como un instrumento que puede ser tomado en cuenta para mejorar la gestión y condiciones locales de la calidad del aire.

Ante todo, lo mostrado, se plantea el siguiente problema:

P.G ¿Cuál es el impacto del Material Particulado 2.5 en la calidad atmosférica del distrito de Morales-Provincia de San Martín-2022?

PE1. ¿Son comparables las concentraciones de material particulado 2.5, con los valores de referencia internacional?

PE2. ¿Son comparables las concentraciones de material particulado 2.5, con la normativa nacional?

O.G. Evaluar el Impacto del Material Particulado 2.5 en la calidad atmosférica del Distrito de Morales-Provincia de San Martín-2022.

OE1. Analizar las concentraciones de material particulado 2.5, frente a los valores de referencia internacional

OE2. Analizar la influencia de las concentraciones de material particulado 2.5, frente a la normativa nacional

H.G. Es significativo el Impacto del Material Particulado (PM_{2.5}) en la calidad atmosférica del Distrito de Morales-Provincia de San Martín-2022

HE1. Las concentraciones de material particulado 2.5, no son comparables con los valores de referencia internacional

HE2. Las concentraciones de material particulado 2.5, no son comparables con la normativa nacional.

II. MARCO TEÓRICO

Domínguez (2019) estudió la concentración y los impactos ocasionados por Material Particulado ($PM_{2.5}$) en la ciudad de Villavicencio-Colombia, octubre 2018, en tres lugares de la ciudad usando tres medidores distintos (A, B, C), encontrando una concentración máxima de $30.11 \mu g/m^3$. Lo cual fue inferior al estándar nacional para 24 horas ($37 \mu g/m^3$).

Zhu et al., (2021) colectó muestras de $PM_{2.5}$ en 5 mega ciudades del norte y sureste de China, (Beijing, Tianjin, Shanghái, Nanjing, Hangzhou), de agosto a setiembre del año 2019, usando un muestreador inteligente de partículas suspendidas totales de flujo medio con una tasa de flujo de entrada de promedio de 100 L/min, y demostró que la ciudad de Shanghái está más contaminada de $PM_{2.5}$ con una concentración de $56 \mu m/m^3$, además aplicó el análisis de espectroscopia FTIR para identificar partículas plásticas y no plásticas presentes en los filtros, el detector fue operado en el 675-4000 cm rango de onda, con un tiempo de recolección de 3 s e integración de 16 escaneos a una resolución de 8 cm se logró encontrar la presencia de partículas plásticas.

Abbasi (2018) recolectó polvo en suspensión diariamente durante 5 días en la ciudad de Asaluyeh, Irán en un año usando un dispositivo muestreador de bajo volumen y un filtro modificador con tubo de entrada y un cabezal de muestreo; para investigar la presencia de micro plásticos, caracterizados mediante microscopias de fluorescencia, luz polarizada, SEM para cuantificarlos y clasificarlos; los resultados revelaron 2 lugares con partículas fibrosas de $2 \mu m$ a $100 \mu m$, demostrando que los microplásticos si general daños a la salud, pero sus funciones precisas siguen sin ser claras y requieren más estudios.

Sicilianoa, et al.,(2020) en su artículo menciona a los patrones de calidad de aire en Brasil según la OMS, demostrando que en los estudios que realizaron encontró evidencias de que al monitorear las condiciones del aire de $PM_{2.5}$ en Brasil los resultados muestran que en el punto 1 tiene valor máximo de $60 mg/m^3$ evaluados en 24 horas, valor que sobrepasa según lo establecido por la OMS con valor de 10 y $25 \mu g/m^3$, considerando que el punto 1 no cumple con los medios de protección y bienestar poblacional.

Vikas et al., (2022), en su artículo presenta el análisis de variabilidad, tendencia y superación de $PM_{2.5}$ medido en la Embajada y el Consulado de EE. UU. en cinco megaciudades indias (Chennai, Kolkata, Hyderabad, Mumbai y Nueva Delhi) en los años (2014-2019), de todas las ciudades Delhi es la ciudad más contaminada, seguida de Kolkata, Mumbai, Hyderabad y Chennai, los resultados muestran diferentes variaciones diurnas, estacionales y mensuales en las cinco ciudades debido a las diferentes ubicaciones de los sitios y el clima local, todas las ciudades muestran concentraciones más altas y más bajas en los meses de invierno y monzón, respectivamente, a excepción de Chennai, que vio los niveles más bajos en abril. Todas las ciudades muestran consistentemente picos matutinos (~08:00–10:00 h) y el nivel más bajo al final de la tarde (~15:00–16:00.), concluye que los niveles de $PM_{2.5}$ en las ciudades superan los estándares de la OMS y los NAAQS indios en un 50% y 33% de días al año.

Janarthanan et al., (2021), en su investigación evaluaron el índice de calidad del aire (ICA) donde lo clasificaron en diferentes grupos, para predecir el AQI en la ciudad de Chennai, recopilaron un conjunto de datos donde luego lo procesaron para ser reemplazados. El mecanismo de aprendizaje profundo que utilizaron predijo con precisión los valores AQI y ayudaron a planificar el desarrollo de la ciudad metropolitana sostenible, el valor AQI esperado puede controlar el nivel de contaminación incorporando la coordinación de señales de transporte público, animando a la gente a usar el transporte público y plantando más árboles en algunos lugares.

Zoha et al., (2018) tuvo como propósito evaluar el índice de calidad atmosférica en la ciudad de Kerman en diferentes temporadas en el año 2015, los datos obtenidos respecto al $PM_{2.5}$ en la temporada de primavera los datos demostraron que los días 33 y 9 de la primavera tuvieron condiciones desfavorables en relación a los contaminantes $PM_{2.5}$ es por ello que el contaminante responsable de la contaminación del aire en Kerman fue $PM_{2.5}$, al comparar el ICA en temporadas diferentes del 2015 indican que tiene un índice de calidad del aire deseable.

Zaib et al., (2022), en su artículo menciona que el deterioro del aire se ha convertido en una amenaza seria, provocando efectos adversos en la salud y millones de muertes prematuras en China, su investigación tuvo como objetivo examinar las características espacio-temporales de la calidad del aire ambiente en cinco provincias evaluaron $PM_{2.5}$ el cual Superó los estándares de Grado II de los Estándares de calidad del aire ambiental de China (CAAQS), así como las directrices de calidad del aire recomendadas por la OMS Además, el índice de calidad del aire promedio (ICA), calculado a partir de datos terrestres, mejoró en 21.3 %, la proporción de calidad del aire Clase I (0-50) mejoró en un 114.1 %, y el número de días de contaminación disminuyó un 61,8% en NWC. Todos los contaminantes (excepto el ozono) AQI y relaciones $PM_{2.5}$ mostraron los niveles más altos de contaminación en invierno y los más bajos en verano. El AQI se correlacionó positivamente con $PM_{2.5}$ mientras que se correlacionó negativamente, $PM_{2.5}$, con distintas variaciones temporales y temporales. La proporción de días con $PM_{2.5}$, los contaminantes primarios disminuyeron.

Teoría de partículas suspendidas $PM_{2.5}$. Las partículas en suspensión (PM) se clasifica comúnmente como PM_{10} , $PM_{2.5}$ y $PM_{0.1}$, que son PM menos de 10, 2.5 y 0.1 μm en diámetro, respectivamente; el PM atmosférico con dimensión menor a 2,5 μm ($PM_{2.5}$) es un contaminante del aire de especial preocupación y, según una revisión reciente (Brook RD et al., 2020).

La polución del aire es una de las 10 amenazas importantes de salud mundial (Informe de la OMS, 2019). La exposición a partículas materia (PM) se asocia con la carga mundial de enfermedades y mortalidad no accidental (Burnett et al., 2018). Un número creciente de estudios sugieren que PM puede inducir enfermedades respiratorias, pulmonares cáncer y eventos cardiovasculares (Zhao et al., 2020).

Entre estos, la contaminación ambiental por $PM_{2.5}$ representa el 62 % de todas las muertes atribuibles a la contaminación del aire y el 55 % de años de vida ceñidos por discapacidad (AVAD) perdidos, es decir, 4.14 (intervalo de incertidumbre [UI] del 95 %: 2.50–3.36) millones de muertes y 118 (95% IU: 95.9–138) millones de AVAD (Instituto de Efectos de la Salud, 2020). El estudio Global Burden of Disease (GBD) revela que la contaminación ambiental por PM ha aumentado del puesto 13

(1990) al puesto 7 (2019), principal factor de riesgo de AVAD atribuibles a nivel mundial (GBD 2019 Risk Factors Collaborators, 2020). El costo global de las afecciones en la salud atribuibles a la contaminación ambiental por PM_{2.5} aumentó a 3552 mil millones en 2013 (Niu et al., 2017). Se señaló que la exposición a PM_{2.5} afecta la función pulmonar (Guo et al., 2018, 2019).

La evidencia experimental acumulada ha demostrado que PM_{2.5} puede inhalarse fácilmente y depositarse en la tráquea, los bronquios e incluso los alvéolos, lo que produce efectos adversos en el sistema y la función respiratorios. Un estudio in vivo reciente encontró que la exposición a PM_{2.5} aumentaría la susceptibilidad pulmonar, a pesar de una recuperación gradual de la lesión pulmonar después del cese de la exposición a PM_{2.5} (Ren et al., 2020). Ante lo expuesto, es bien sabido que las partículas que ingresan por la nariz o la boca y se asientan en el tracto respiratorio superior son inhaladas ($\leq 10 \mu\text{m}$), y las partículas que pueden acumularse y depositarse en los pulmones se conocen como partículas respirables. ($\leq 2.5 \mu\text{m}$) (Liao et al., 2021).

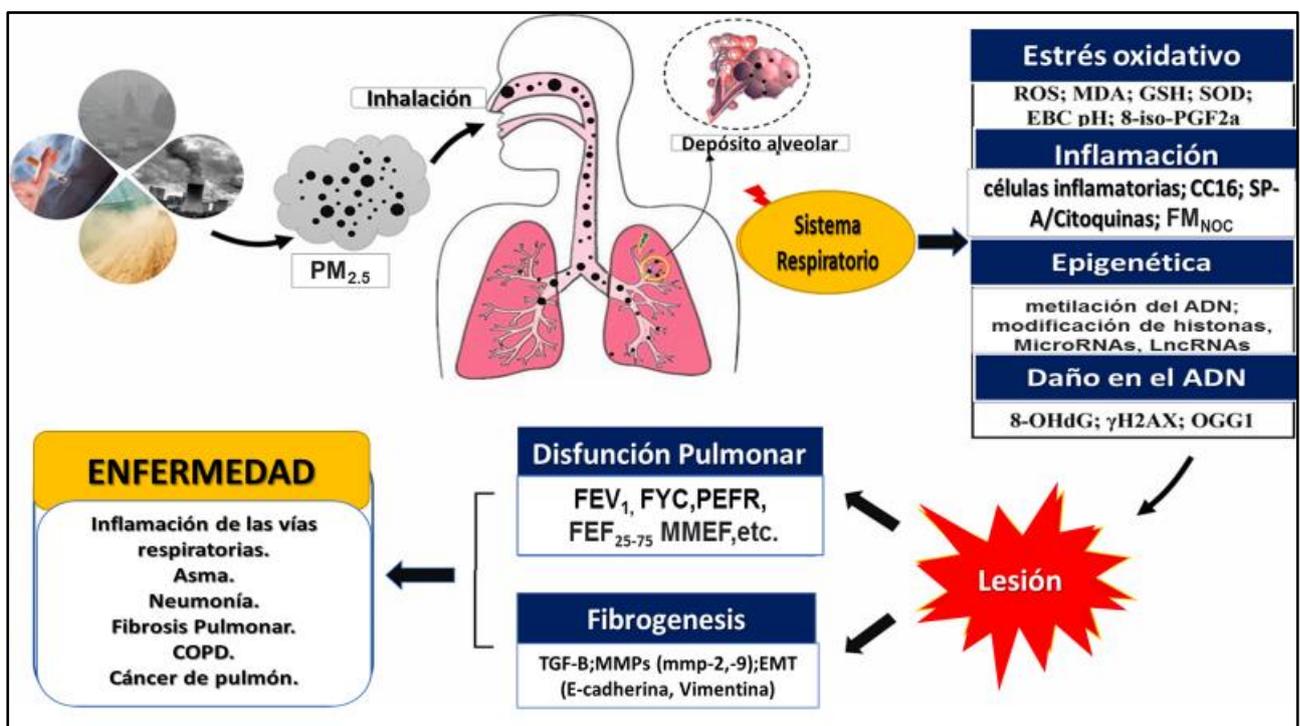


Figura 1. Efecto del PM_{2.5} en la salud del ser humano

Fuente: Caixia Guo et al (2022)

Características de PM 2.5. Las fuentes de PM_{2.5}, imponen un riesgo para la salud por los efectos combinados del deterioro del aire ambiental (exterior) y doméstica (interior) y puede originarse como resultado de actividades antropogénicas o naturales, ya que en áreas urbanas, son los vehículos, con escape de diésel, las principales fuentes seguidas de la propagación de energía, sistemas de calefacción de edificios, emisiones industriales y combustión doméstica, también destaca la cocina, la calefacción y la resuspensión de partículas, estos se producen por quema de combustibles como carbón y madera en ambientes que no corresponde. (Martins NR et al 2018) (OMS, 2020).

Función de los Equipos de colecta para Material Particulado (PQ200) -(MICRO VOL 1100). El Método de Referencia para el recaudo de material en suspensión, es la Gravimetría, este método fue patrocinado por el Decreto Supremo N° 10-2019-MINAM (2019).

En el caso de material particulado de menos de 2,5 micrómetros (PM_{2.5}). Se necesita un mecanismo para registrar la frecuencia de muestreo (mecánico o digital) para verificar su estabilidad durante el tiempo de observación. En este caso, el caudal de muestreo sólo puede establecerse en el rango de baja capacitancia (16,67 l/min = 1 m³/h). El sistema de separación de partículas en un muestreador de bajo volumen para PM_{2.5} presenta dos etapas:

En la primera etapa, Intenta seleccionar partículas de menos de 10 micras de tamaño. La entrada selectiva al muestreador difiere del alto cabezal de flujo en el tamaño y número de toberas. Esto se debe al menor flujo de gas conectado a la muestra recolectada. (10.44 l/min). **En la segunda etapa,** Las partículas de hasta 2,5 micras de tamaño son transportadas a separadores selectivos de PM_{2.5} tipo WINS (Well Impactor Ninety-Six) o VSCC (Very Sharp Cut Cyclone), y las partículas pequeñas mayores de 2,5 micras son separadas y luego capturadas con un filtro de muestreo.

Estación Meteorológica, lugar donde se realiza específicamente observaciones y mediciones de diferentes condiciones meteorológicas empleando equipos e herramientas apropiadas para establecer las características atmosféricas en diferentes regiones del territorio (Manual Técnico: MT-DRD-001 – SENAMHI).

La generación de plástico se ha incrementado considerablemente en los últimos 70 años, y se puede decir que vivimos en un mundo de plástico (Campanale et al., 2020). El aumento de la producción también conduce a un aumento de los desechos plásticos que, lamentablemente, promueve el acopio generalizado de plástico en el ambiente (Lehner et al., 2019; Qingying et al., 2021). Los plásticos se clasifican como macroplásticos (>25 mm), mesoplásticos (5–25 mm), microplásticos (0.1 mm) (Ng et al., 2018).

Respecto a estudios realizados en Tarapoto para investigar la presencia de material particulado (PM_{2.5}), Correa (2020), midió el PM_{2.5} en 3 ciudades del Perú (Tarapoto, Lima y Juliaca), demostrando que la ciudad de Tarapoto concentra 30.91 µg/m³ de PM_{2.5}, Juliaca una concentración de 19.80 µg/m³ y Lima con valor de 14.58 µg/m³, valores que no superarían el (ECA) que es de (50 µg.m³); mientras que **Sánchez (2018)**, evaluó la condición del aire en la ciudad de Tarapoto y la relación con temperatura, la humedad relativa y velocidad del viento, los datos exportaron al software COMET y determinado una concentración de 11 ug/m³ para PM_{2.5} combinado con 23.3 °C de temperatura y humedad relativa de 23 %, muestra la correlación entre material particulado y las variables meteorológicas, pero esta relación no es importante a excepción del PM_{2.5}, que tiene una velocidad del viento. Es decir, a mayor velocidad de este, menor concentración de partículas suspendidas y viceversa.

En este caso en el distrito de Morales las cantidad concentra de Particulado PM_{2.5} sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en los sitio de muestreo, determinando altos niveles de concentración por contaminantes atmosféricos, que a su vez han sido influenciados con las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento).

Los PM han sido ampliamente reconocidos como un contaminante emergente universal en el medio ambiente terrestre y acuático. Goeppert y Goldscheider (2021).

Teoría de Microplásticos. Los microplásticos se definen más comúnmente como partículas de plástico $>1 \mu\text{m}$ y <5 o 1 mm a lo largo de su dimensión más grande (Hartmann et al., 2019). Usaremos la definición de $<5 \text{ mm}$ para nuestra consideración de microplásticos, ya que esto incluirá gran parte de la literatura. El número de publicaciones revisadas por pares sobre microplásticos ha aumentado rápidamente durante la última década (Cunningham y Sigwart, 2019), con estudios que encuentran microplásticos en casi todos los sistemas ambientales (Güven et al., 2018), así como en alimentos y bebidas para humanos (Cox et al., 2019; Hernández et al., 2019). Sin embargo, las implicaciones de los microplásticos en el medio ambiente no están claras, y algunos estudios sugieren impactos negativos en los organismos, como tasas de crecimiento más bajas, niveles más altos de contaminantes y deformidades (Haegerbaeumer et al., 2019; Jeong y Choi, 2019), mientras que otros encuentran resultados neutrales (Canniff y Hoang, 2018; Foley et al., 2018). Los tipos más comunes de MP son el polietileno de alta densidad (HDPE), el polietileno de baja densidad (LDPE), el tereftalato de polietileno (PET), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el cloruro de polivinilo (PVC) y la poliamida (PA.) (Ebrahimi, 2022). Los MP se encuentran en una variedad de ambientes, incluidos los ambientes acuáticos (Pashaei et al., 2021), la atmósfera (Abbasi et al., 2019a, 2019b), el suelo (Guo et al., 2020) y los productos alimenticios (Kosuth et al. al., 2018).

La degradación del plástico varía según la composición química, incluidos los aditivos utilizados durante la producción; por ejemplo, una bolsa de plástico HDPE tarda entre 10 y 20 años en descomponerse, mientras que una botella de PET tarda entre 450 y 1000 años (Chamas et al., 2020). Además, el uso de productos cotidianos que contienen MP, como cosméticos y ropa (fabricados con fibras de poliéster y poliamida), es una fuente de liberación de estos materiales al medio ambiente (Magni et al., 2019; Napper y Thompson, 2016). La producción en masa de plásticos comenzó hace unos 70 años y se duplicará en un futuro de 20 años (Royer et al., 2018).

Esta variabilidad informada destaca la naturaleza de los microplásticos como un conjunto diverso de contaminantes, con una gama de polímeros, tamaños de partículas, colores, morfologías y contaminantes asociados (Rochman et al., 2019). Junto con el hecho de que los microplásticos a menudo se encuentran en concentraciones irregulares con mezclas complejas de tipos de partículas, actualmente es difícil determinar el riesgo ecológico que presentan los microplásticos en el medio ambiente (VKM et al., 2019)

Con una generación mundial de plástico de 400 millones de Tn por año (Henry et al., 2019) para 2025, es probable que 11 mil millones de toneladas métricas de plásticos se acumulen en el entorno (Brahney et al., 2020) En cinco décadas, la producción de plástico se ha convertido en una industria global de 600 mil millones de dólares (Uheida y col., 2021). Es probable que alrededor del 60% de los plásticos fabricados a nivel mundial ya se hayan acumulado en el medio ambiente (El PNUMA venció la contaminación plástica Solo se recicla el 9% de los residuos plásticos (solo en países desarrollados), y el 91% restante permanece en el medio ambiente durante siglos (Brooks et al., 2018).

Clasificación de Microplásticos (MP). Los microplásticos primarios se fabrican para ser <5mm de tamaño mínimo. Incluyen gránulos de preproducción utilizados para fabricar productos plásticos y microesferas utilizadas como abrasivos para fines industriales o en productos de cuidado personal. (Rochman et al, 2019). Los microplásticos secundarios son fragmentos pequeños de plástico no producidos intencionalmente, sino que son el resultado de la ruptura y fragmentación de artículos de plástico más grandes a través de procesos biológicos, físicos y químicos. Se pueden formar microplásticos secundarios durante el uso del producto (p. ej., microfibras que se despegan de las prendas durante el lavado o partículas de desgaste de los neumáticos) (Rochman et al, 2019).

Exposición humana a los microplásticos. Los humanos están expuestos a MP en ambientes por medio de ingesta (p. ej., introduciendo MP en el aire a la boca o comiendo mariscos), el contacto dérmico o las vías de inhalación y los consiguientes impactos adversos para la salud son las mayores preocupaciones mundiales. Abbasi y Turner (2021) Sin embargo, faltan estudios empíricos sobre la

exposición humana a MP. Se reporta la presencia de partículas plásticas fibrosas en el aire en ambientes urbanos y se indicó que los materiales fibrosos son generalmente más abundantes en interiores, pero su tamaño es menor (Abbasi et al., 2019b). Sobre la base de las concentraciones medianas de MP y microgomas en polvo de calles de la jurisdicción de Asaluyeh, Abbasi et al. (2019b).

Microplásticos en el aire y exposición humana. A pesar de su omnipresencia en todos los aspectos de la vida y la ecología, se sabe poco la reacción en la salud a causa de la exposición a MP en humanos (Rahman et al., 2021). Si bien se estudió la distribución de MP en sistemas acuáticos, también se encontró la presencia de partículas de plástico en el aire, por ejemplo, en el polvo y el aire de la calle (Abbasi et al., 2019b) y en la lluvia radiactiva atmosférica (Dris et al. 2021). Los PM que ingresan por la nariz o la boca pueden alojarse en vías respiratorias superiores que pueden inhalarse, pero las sustancias que pueden llegar a la a lo más profundo del pulmón (Gasperi et al., 2018). La deposición en las vías respiratorias es en función del tamaño y en el área respiratoria, la deposición cae por encima de los 5 mm de diámetro (Gasperi et al., 2018)

Fuente de microplásticos. Los microplásticos ingresan al medio ambiente a través de varias fuentes y vías (Figura 2). Debido a que los microplásticos son pequeños y, a menudo, los restos desgastados de su producto original, puede ser difícil rastrearlos hasta su origen (Rochman et al, 2019).

La relación entre microplásticos y PM_{2.5}. Se han publicado pocos estudios sobre las características o la distribución de los microplásticos en el aire en partículas con tamaños menor a 2,5 µm (PM_{2.5}), las tasas de deposición de microplásticos en el aire varían según la elevación atmosférica (Liu et al., 2019a). Los microplásticos transportados por el aire tienen un mayor movimiento que los encontrados en los sedimentos o el agua (Evangelidou et al.2020).

Los principales plásticos sintéticos muy utilizados en la vida cotidiana son el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el tereftalato de polietileno (PET) y el cloruro de polivinilo (PVC), que penetran en el medio ambiente. (Dong et al., 2020). A través de reacciones fotoquímicas bajo la irradiación de la luz solar, los microplásticos transportados por el aire podrían

descomponerse y liberar esos aditivos químicos y otros, como los monómeros, que pueden afectar negativamente la salud humana (Prata, 2018; Vianello et al., 2019).

Las partículas ($PM_{2.5}$) y los microplásticos podrían actuar como portadores de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) que pueden aumentar el riesgo potencial de cáncer (Akhbarizadeh et al., 2021). Por lo tanto, las investigaciones de distribución, de microplásticos en el aire, también podrían proporcionar información importante para las evaluaciones de riesgos humanos y ecológicos.

Yao (2022), exploró las distribuciones, composiciones y morfología de los microplásticos presentes en el aire de interiores y ambiente en Nueva Jersey, Estados Unidos, las fibras microplásticas, pedazos y películas de Poliestireno (PS), Polietileno tereftalato (PET), Policloruro de vinilo (PVC), Polietileno (PE), y Polipropileno (PP) fueron identificados en oficina, pasillo, salón de clases y vivienda unifamiliar de este estudio, encontraron tasas de deposición de fibras sintéticas con una longitud de 35 μm a 1000 μm fueron más altas en la vivienda unifamiliar ($(1.96 \pm 1.09) \times 10^4$ fibras/ m^2 /día) y más bajas en el aula ($(6.20 \pm 0.57) \times 10^3$ fibras / m^2 /día) os microplásticos con texturas similares pero diferentes tamaños se identificaron tanto en la deposición atmosférica total como en las muestras de partículas ($PM_{2.5}$), Estos resultados revelan las propiedades de los microplásticos transportados por el aire en entornos urbanos que son importantes para comprender su destino, transporte y riesgos

potenciales para la salud.

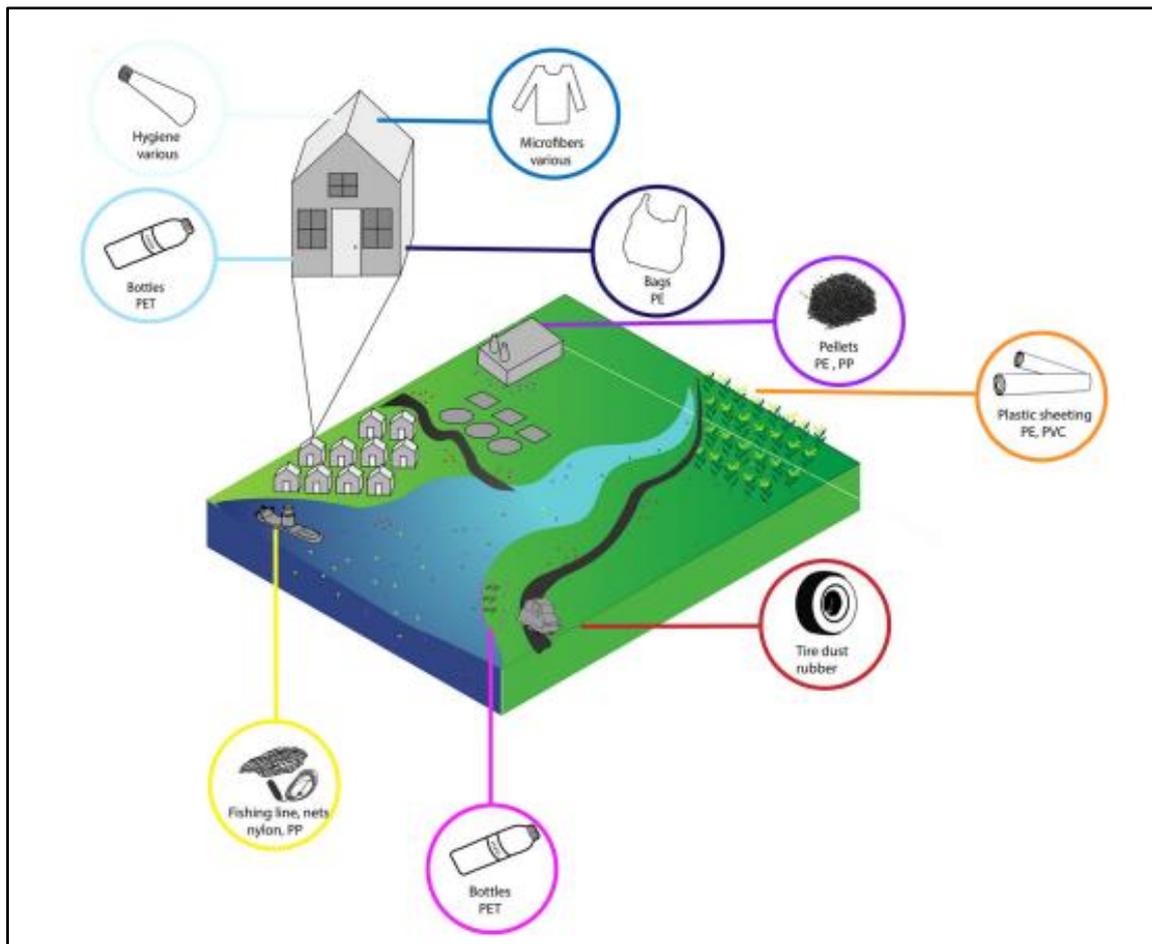


Figura 2. Diversas fuentes de contaminación por Microplásticos

Fuente: Chelsea M. Rochman (2019).

Sahu (2019) investigó en Sambalpur, una de las ciudades más importantes de las regiones occidentales del estado de Odisha, en el este de la India, se previó un trabajo para medir los gases y partículas contaminantes y calcular el índice de contaminación del aire (API) en cuatro estaciones de muestreo representativas (Budharaja, Modipara, Sakhipara y Kacheri) basado en las directrices de la Junta Central de Control de la Contaminación (CPCB), Nueva Delhi. Los resultados de las partículas $PM_{2.5}$ de 36.38 a 64.00 $\mu g / m^3$ se evidencian por encima del límite permisible anual fijado por el CPCB. La meteorología y la rosa de los vientos jugaron un papel en la dispersión y dilución de los contaminantes, además de verse favorecidos por la topografía y las actividades antrópicas de la zona en donde la temperatura media del aire más alta se registró en el mes de abril (26.4 °C) y mayo de (26.2 °C) y la más baja fue de (21.5 °C) Una correlación positiva significativa

entre la temperatura y la velocidad del viento en nuestro análisis refuerza este hecho ($r=+0.338$, $p<0.05$). La calidad del aire del área osciló de una contaminación atmosférica ligera a una contaminación atmosférica moderada, que se atribuye principalmente a las partículas ($PM_{2.5}$).

Los principales métodos para determinar el tipo de los microplásticos están construyendo los números de onda característicos de microplásticos y datos espectrales combinados con aprendizaje automático (Fan et al., 2021; Vidal y Pasquini, 2021). Desafortunadamente, los microplásticos tienen fuerte capacidad de adsorción y acumulación por su gran capacidad específica área de superficie, que proporciona un sitio de contacto rico para otras sustancias tóxicas, como aditivos, elementos de metales pesados, contaminantes orgánicos y plastificantes (Frere et al., 2018) (Figura 3)

En la actualidad, como un contaminante ambiental de último modelo, los microplásticos han atraído gradualmente la atención académica global (Carbery et al., 2018).

El método de inspección visual podría seleccionar, clasificar microplásticos y observar el color y el tamaño del objeto probado con un microscopio o a simple vista (Fahrenfeld et al., 2019).

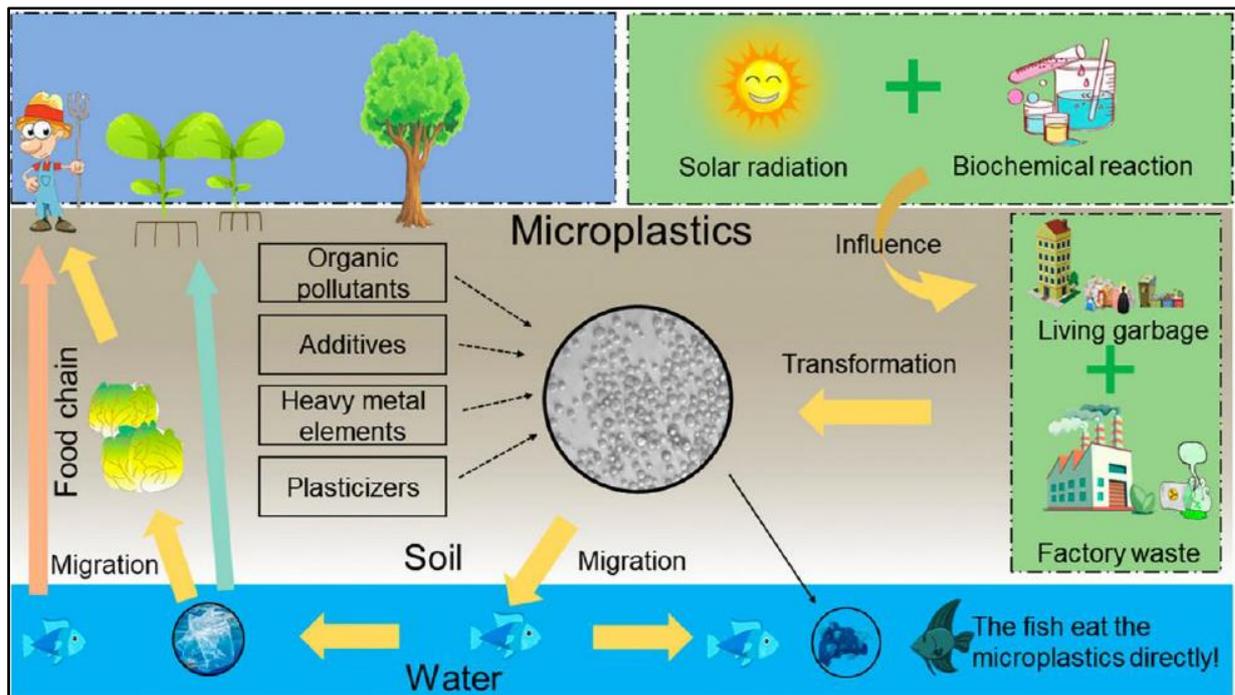


Figura 3. El origen, la migración y los daños de los microplásticos

Fuente: Y. Ye, et al (2021)

Entre los métodos de caracterización de los $PM_{2.5}$ se encuentran: SEM – FTIR, esto permite conocer las posibles partículas inorgánicas y orgánicas

La espectroscopia FTIR se ocupa de la medición de la radiación infrarroja (IR) absorbida por la muestra MP, permite estudiar la composición molecular, el espectro infrarrojo simboliza en una muestra la huella digital (MP) con un pico de absorción que corresponde a la frecuencia vibratoria entre los enlaces de los átomos que contiene el material. Debido a que cada material polimérico diferente es una única mezcla de átomos, estos dos compuestos no causan exactamente el mismo espectro infrarrojo por lo tanto, la estructura química de una molécula de polímero se puede determinar mediante FTIR (Veerasingam, 2020).

Según a la empresa HengTong Fluorine (2019), el Perfluorododecyl iodide tiene como nombre químico “Iodopentacosafuorododecane” y nos describe lo siguiente, que el plástico encontrado no tiene compatibilidad alguna con otros materiales similares (Tabla 1)

Tabla 1. Estabilidad y reactividad

| Estabilidad y reactividad | |
|---------------------------------------|--|
| Estabilidad química | Estable a temperaturas y condiciones de almacenamiento normales |
| Incompatibilidad con otros materiales | Ninguno razonablemente previsible |
| Descomposición | Se descompone con el calor Temperatura de descomposición: >250 °C (>482 °F) Durante la combustión se pueden formar productos de descomposición peligrosos, incluidos dióxido de carbono, monóxido de carbono, fluoruro de hidrógeno, gases tóxicos o partículas. Estos productos pueden causar irritación grave en los ojos, la nariz, la garganta y los pulmones o efectos tóxicos. Se descompone cuando se expone a la luz ultravioleta |
| Polimerización | La polimerización no ocurrirá |

Fuente: Laboratorio Fuxin Hengtong Fluorine Chemicals

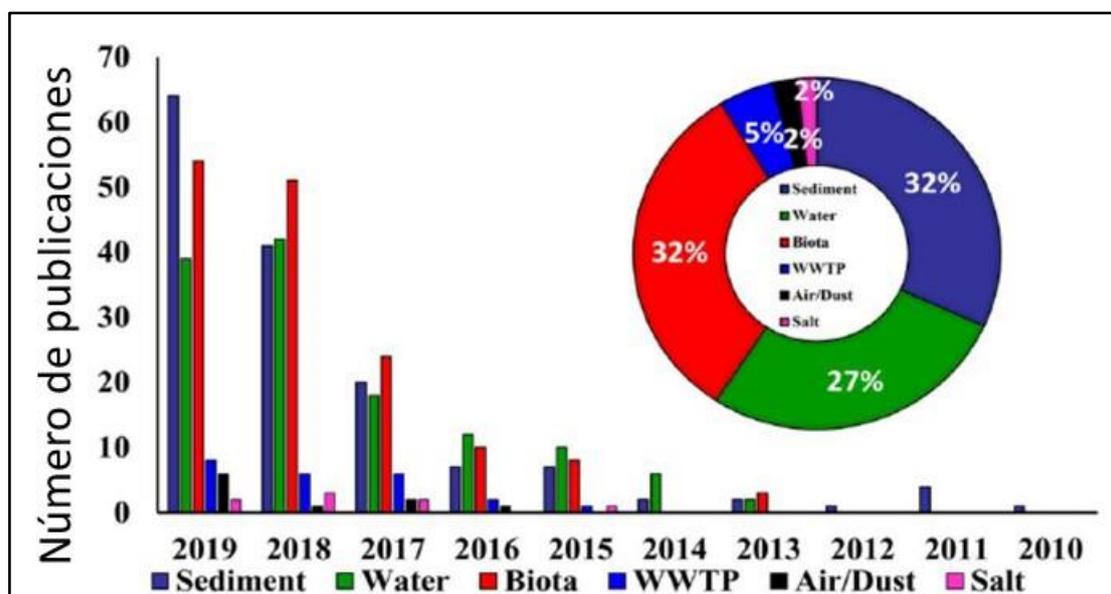


Figura 4. Resultados de literatura usando FTIR

Los artículos publicados se clasificaron en varias matrices ambientales (sedimento, agua, plantas de tratamiento de aguas residuales, biota, polvo/aire, y sal)

Fuente: S.Veerasingam (2020)

La microscopía electrónica de barrido (SEM)

La microscopía electrónica de barrido (SEM), que además se examina como análisis SEM o técnica SEM, se ha utilizado a escala global en muchos campos de estudios, este método es muy eficaz en los estudios de compuestos materiales orgánicos e inorgánicos en un nivel de nanómetro a micrómetro (Mohammed 2018). El SEM trabaja con un alto aumento que logra los 300000x e incluso un 1000000 x para mostrar imágenes con mucha precisión de una amplia gama de materiales, la espectroscopia de rayos X de dispersión de energía (EDS) funciona junto con el SEM para identificar resultados cualitativos y semicuantitativos estas técnicas, juntas, tienen el potencial de recopilar información fundamental sobre la composición del material de las muestras escaneadas, que no podrían proporcionar las pruebas de laboratorio comunes (Abdullah 2018)

Variabes meteorológicas. La Temperatura es una variable del movimiento de partículas del medio. Un cuerpo depende de la velocidad de movimiento de las partículas que lo conforman, o de la frecuencia de vibración, según (SENAMHI, 2018). Es la concordancia entre la presión de vapor de equilibrio del agua a una determinada temperatura y presión parcial del vapor de agua. La humedad relativa obedece a la presión del sistema y la temperatura (Cháves 2019). Esta es la cantidad básica de aire que generalmente es causada por el movimiento de alta presión o baja presión del aire debido a los cambios de temperatura (Senamhi 2018).

Estándares de Calidad del Aire (ECA), representa medidas que establece concentraciones o niveles de sustancias elementos, parámetros fisicoquímicos o biológicos presentes en el aire, suelo o agua en estado receptivo sin riesgo potencial en la salud humana o ambiental (Numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley General del Ambiente N° 28611) (Tabla 2)

Tabla 2. Parámetros de Estándares de Calidad Ambiental

| Parámetros | Periodo | Valor [ug/m ³] | Criterios de evaluación | Método de Análisis |
|---|----------|----------------------------|--------------------------|--|
| Material Particulado con Diámetro menor a 2.5 micras (PM 2.5) | 24 horas | 50 | NE más de 7 veces al año | Separación inercial/filtración (Gravimetría) |
| | Anual | 25 | Media aritmética anual | |

Fuente: DS. N° 003-2017MINAM (2017)

Índice de Calidad del Aire - INCA. Son categorías que tienen un óptimo valor que comprende entre 0 y 100 y concuerda con los cumplimientos del ECA de aire, se dividen en 4. Cuando es buena la calidad del aire mostrará color verde y sin riesgo alguno al ser respirada, amarillo dice que la calidad del aire es moderada, mientras que el tono naranja señala mala calidad del aire y peligrosa para la salud, el color rojo advierte que la calidad del aire supera los valores del contaminante y puede ser mortal (RM-N°-181-2016-MINAM) véase en Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.

Tabla 3. Valores del Índice de la Calidad del Aire

| Valor del Índice | Calidad del Aire | Color |
|------------------|------------------|----------|
| 0-50 | Buena | Verde |
| 51- 100 | Admisible | Amarillo |
| 101 – 150 | Mala | Rojo |
| >150 | Muy mala | Marrón |

Fuente: RM-N° 181-2016-MINAM

Tabla 4. Cuidados y recomendaciones del Índice de la calidad del aire (INCA)

| CALIFICACIÓN | CUIDADOS | RECOMENDACIONES |
|--------------------------|--|--|
| Buena | La calidad del aire es buena y no representa daño alguno para la salud. | La calidad del aire es tolerable y cumple con el ECA de aire. Se puede realizar actividades en el exterior. |
| Moderada | Las poblaciones vulnerables (niños, ancianos, mujeres embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) pueden experimentar ciertos problemas de salud. | La calidad del aire es pasable y cumple con la ECA de aire. Se pueden practicar actividades al aire libre con ciertas restricciones para personas sensibles. |
| Mala | Las personas sensibles pueden experimentar problemas de salud. El público en general puede verse afectado. | Esperar el informe de calidad del aire. Evite las actividades al aire libre. |
| Umbral de Cuidado | Las concentraciones de contaminantes afectan la salud de todos y pueden tener serias implicaciones para poblaciones vulnerables como niños, ancianos, mujeres embarazadas y personas con enfermedades respiratorias. | Avisar a la Autoridad de Salud para que denomine los niveles de estados de alerta con respecto al DS N° 012-2005-SA. |

Fuente: RM-N° 181-2016-MINAM

Tabla 5. Calculo del Índice de calidad del aire (INCA)

| Material Particulado (PM _{2.5}) promedio 24 horas | | |
|---|---|---|
| Intervalo del INCA | Intervalo de concentraciones (ug/m ³) | Ecuación |
| 0 – 50 | 0 – 12.5 | $1(\text{PM}_{2.5}) = [\text{PM}_{2.5}] \cdot 100/25$ |
| 51 – 100 | 12.6 – 25 | |
| 101 – 500 | 25.1 – 125 | |
| >500 | >125 | |

Fuente: RM-N° 181-2016-MINAM

Valores propuestos por la OMS. Según la OMS, aproximadamente el 58 % de las muertes tempranas afines en relación con el deterioro del aire en 2016 correspondieron a isquemia miocárdica y accidente cerebrovascular, y el 18 % de los decesos correspondieron a males del pulmón obstructiva crónica e infecciones agudas en la respiración y el 6% de los fallecimientos se deben al cáncer pulmonar **(OMS página oficial)** (Tabla 6)

Tabla 6. Valores de las directrices de la OMS para la calidad del aire

| Valores Fijados por las Directrices Material Particulado Final (PM_{2.5}) |
|--|
| 5 µg/m ³ de media anual |
| 15 µg/m ³ de media diaria |

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2021)

Tabla 7. Metodos analíticos para la caracterización de Material Particulado PM_{2.5}

| Técnica | Propósito | Naturaleza de la Técnica | Referencia |
|-------------------------------------|---|---------------------------------|---|
| D.S N°10-2019-MINAM | Método de monitoreo para la concentración de Material Particulado | Método Pasivo | Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire. |
| EPA 40 CFR Appendix L. (top art 50) | Método de análisis para determinar Material Particulado PM _{2.5} | Método Pasivo | Norma Técnica Peruana (NTP 900.069-2017) |

Fuente: Elaboración Propia (2022)

Tabla 8.Metodos analíticos para la caracterización de Microplásticos (MPs)

| Técnica | Propósito | Naturaleza de la Técnica | Referencia |
|--|--|---|------------------------------|
| Análisis termogravimétrico (TGA) | Determina la vía de degradación térmica de los microplásticos | Destructivo para muestra | Yu et al. (2019) |
| Calorimetría diferencial de barrido (DSC) | Determina la fase endotérmica, transición, caracterización de fusión, cinética de reacción de microplásticos | Destructivo para muestra | Majewsky et al. (2016) |
| Análisis termogravimétrico: proceso de extracción en fase solida/ espectrometría de masas por cromatografía de gases con desorción térmica (TGA-SPE/TDS-GC-MS) | Permite la detección inequívoca y conveniente de los productos de descomposición característicos de los microplásticos | Destructivo para muestra | Dumlchen et al. (2015) |
| Difracción de rayos X | Análisis de grupos estructurales y funcionales, grado de cristalinidad | La destructividad depende del método de preparación de la muestra utilizado | Ariza-Tarazona et al. (2019) |
| Resonancia magnética nuclear (RMN) | Grupo estructural y funcional, análisis, identificación de la estructura exacta, fracciones químicas y estado conformacional | Preparación de muestra laboriosa no destructiva para muestra | Peez et al. (2019) |
| Microscopía electrónica de barrido/espectroscopia de dispersión de energía (SEM/EDS) | Caracterización de la estructura superficial y composición elemental en microplásticos | Destructivo para muestra | Wang, Wagner y col (2017) |
| Cromatografía de permeación en gel (GPC) con detección de fluorescencia (FLD) | Determinación selectiva semicuantitativa de microplásticos | Preparación de muestra laboriosa destructiva para muestra | Biver et al. (2018) |
| Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) | Detectar contaminantes comunes presentes en ciertos elementos con la ayuda de la aplicación de la Interferometría | Destructivo para muestra | Chialanza et al. (2018) |

Fuente: S. Veerasingama (2020)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Dado que ya se ha llevado el muestreo, registro y análisis de datos digitales (Caneda et al., 2017), la investigación presenta enfoque cuantitativo. Esto se incluye en la categoría de aplicación ya que es necesario recopilar nuevos conocimientos. Proponer una alternativa de solución (Álvarez, 2021). El tipo de muestreo para este estudio es el muestreo no probabilístico por conveniencia. Se basa en observaciones porque tiene un diseño ab initio debido a la falta de manipulación de variables y ocurre naturalmente para su posterior análisis (EcuRed, 2012).

Transversal descriptivo fue el nivel de investigación porque nos basamos en el centro de estudiar una realidad problemática poco inquirida, en el diseño no se realizó intervención alguna y el nivel es de enfoque descriptivo porque se recogió información, indagar acerca de las características y propiedades de manera detallada (Rodríguez y Medivelso, 2018).

Esta investigación es aplicada debido a que se han usado los enfoques teóricos sobre el transporte de MP, y su presencia en el ambiente que se generó por las distintas actividades antropogénicas que existen en el distrito de Morales (PM_{2.5}), estos han sido aplicados en el muestreo de material particulado en la cual se determinó la existencia de microplásticos que se genera en el ambiente del distrito mencionado.

3.2. Variables y Operalización

Para el presente trabajo de investigación se usó las variables:

Variable Independiente: Material Particulado (PM_{2.5})

Variable Interviniente: Condiciones meteorológicas.

Variable Dependiente: Calidad del aire.

Impacto del Material Particulado (PM_{2.5}) en la calidad atmosférica del Distrito de Morales – Provincia de San Martín – 2022

| Problemas | Hipótesis | Objetivo | Variable | Tipos de Variables | Definición | | Dimensiones | Indicadores | Escala |
|--|---|--|----------------------------|--------------------|---|--|--------------------------------------|---|---------|
| | | | | | Conceptual | Operatividad | | | |
| ¿Son comparables las concentraciones de material particulado 2.5, con los valores de referencia internacional? | Las concentraciones de material particulado 2.5, no son comparables con los valores de referencia internacional | Analizar las concentraciones de material particulado 2.5, frente a los valores de referencia internacional | material particulado 2.5, | Independiente | <p>PM 2.5. Son partículas muy diminutas suspendidas en el aire, con un volumen de 2.5 micrómetros.</p> <p>Microplásticos: Los microplásticos definen las partículas (Thompson 2019) plásticas de tamaño ≤5 mm</p> | <p>Ambos parámetros serán medidos con equipos de Monitoreo de la Calidad del Aire con una duración de 24 horas por Punto, para poder determinar la concentración y la presencia de los parámetros.</p> | Nivel de concentración de PM2.5 | Concentración de PM 2.5 | Nominal |
| | | | condiciones meteorológicas | Interviniente | | | variables meteorológicas | Temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento | |
| ¿Son comparables las concentraciones de material particulado 2.5, con la normativa nacional? | Las concentraciones de material particulado 2.5, no son comparables con la normativa nacional | Analizar la influencia de las concentraciones de material particulado 2.5, frente a la normativa nacional | calidad del aire | Dependiente | <p>Es un reflejo de cuando el aire está libre de contaminantes atmosféricos y por lo tanto idóneo para ser respirado (INEI)</p> | <p>Obtenido los resultados, en el caso de Material Particulado lo comparamos con la normativa nacional, en el caso de Microplásticos veremos la presencia y características que presenta.</p> | Valores de referencias internacional | OMS | Nominal |
| | | | | | | | | | |

3.3. Población, muestra y muestro

Población

Se define conjunto de casos, asequibles, limitados y definidos que sirven para representar la muestra y que cumplen varios criterios específicos (Arias, *et al.* 2019). Está conformada por las columnas atmosféricas que están presentes en el distrito de Morales, las columnas atmosféricas, están situadas a dos metros de la superficie del suelo.

Muestra

Para Toledo (2017), la muestra representa la porción de la población investigada, las que reflejan las condiciones similares a la población. Las muestras fueron tomadas en 10 días durante el mes de marzo de año 2022. Las muestras obtenidas van a depender por la humedad relativa, dirección del viento, temperatura y velocidad del flujo, en las diez estaciones a estudiar.

Fórmula de concentración de aire

Calculo para la obtención del volumen de aire absorbido por el PQ200, en el periodo de 24 horas de muestreo.

$$\text{Volumen de aire} = \text{FLUJO} \times \text{TIEMPO}$$

$$\text{Volumen de aire} = 10.44 \text{ L/min} \times 1440 \text{ min (24 horas en minutos)}$$

$$\text{Volumen de aire} = 15.03 \text{ L (transformarlo a m}^3\text{)}$$

Muestreo

Es el grupo de elementos o unidades de la población estudiada, que muestran probabilidades distintas de cero (Martínez, *et al.* 2016). Estará conformado por 10 puntos designados acorde al Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad Ambiental del aire.

Método de Muestreo

En el muestreo de Particulado PM_{2.5} se utilizó el método descrito en la Norma Técnica Peruana (NTP 900.069-2017), donde describe la forma correcta de obtener los resultados. Se utilizó una balanza analítica electrónica del modelo (RADWAG), equipo adquirido en la Florida-Estados Unidos y calibrado anualmente en Perú, con una capacidad máxima de pesaje de 5100 mg. Se proporcionan filtros de Politetrafluoroetileno (PTFE Teflon), con anillo de soporte integral, de diámetro circular de (46.2 ± 0.25) mm y Espesor de $(30 \mu\text{m}$ a $50 \mu\text{m})$. Para el pesaje de los filtros antes y después del monitoreo el laboratorio utiliza el mismo equipo en este caso la balanza analítica para obtener datos correctos sin ninguna variación, todos los filtros son colocados en un ambiente acondicionado con una temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ – $23 \text{ }^\circ\text{C}$, la balanza utilizada cuenta con una resolución de $\pm 1 \mu\text{g}$ y calibración anual y la recalibran antes de cada pesaje. La balanza analítica se encuentra en el mismo ambiente controlado donde se acondicionan los filtros ya que los filtros deben ser pesados inmediatamente después del periodo de acondicionamiento (No menos de 24 horas), sin explosión intermedia u otras condiciones o entornos. Con los resultados de Material Particulado (PM_{2.5}) en g/filtro (Tabla 12). Se procedió a convertir los resultados de Material Particulado (PM_{2.5}) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ multiplicados los resultados del primer cuadro por el valor de (1000000).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006) Este paso consiste en recopilar datos relevantes sobre los caracteres, percepciones, formas y variables de los participantes o sujetos relacionados con la investigación.

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- Observación directa en campo
- Georreferenciación (UTM)
- Muestreo del material particulado
- Validación y confiabilidad de instrumentos

Estas técnicas demandan principalmente cambios manuales de filtros de 24 horas según EPA 40 CFR Appendix L. to Part 50, Item 6 y 8.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- Fichas de campo
- Filtro para recolección de Material Particulado
- Cadena de Custodia

3.5. Procedimiento

En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo proporcionado al proceso del Impacto de Material Particulado ($PM_{2.5}$) en la calidad atmosférica del distrito de Morales

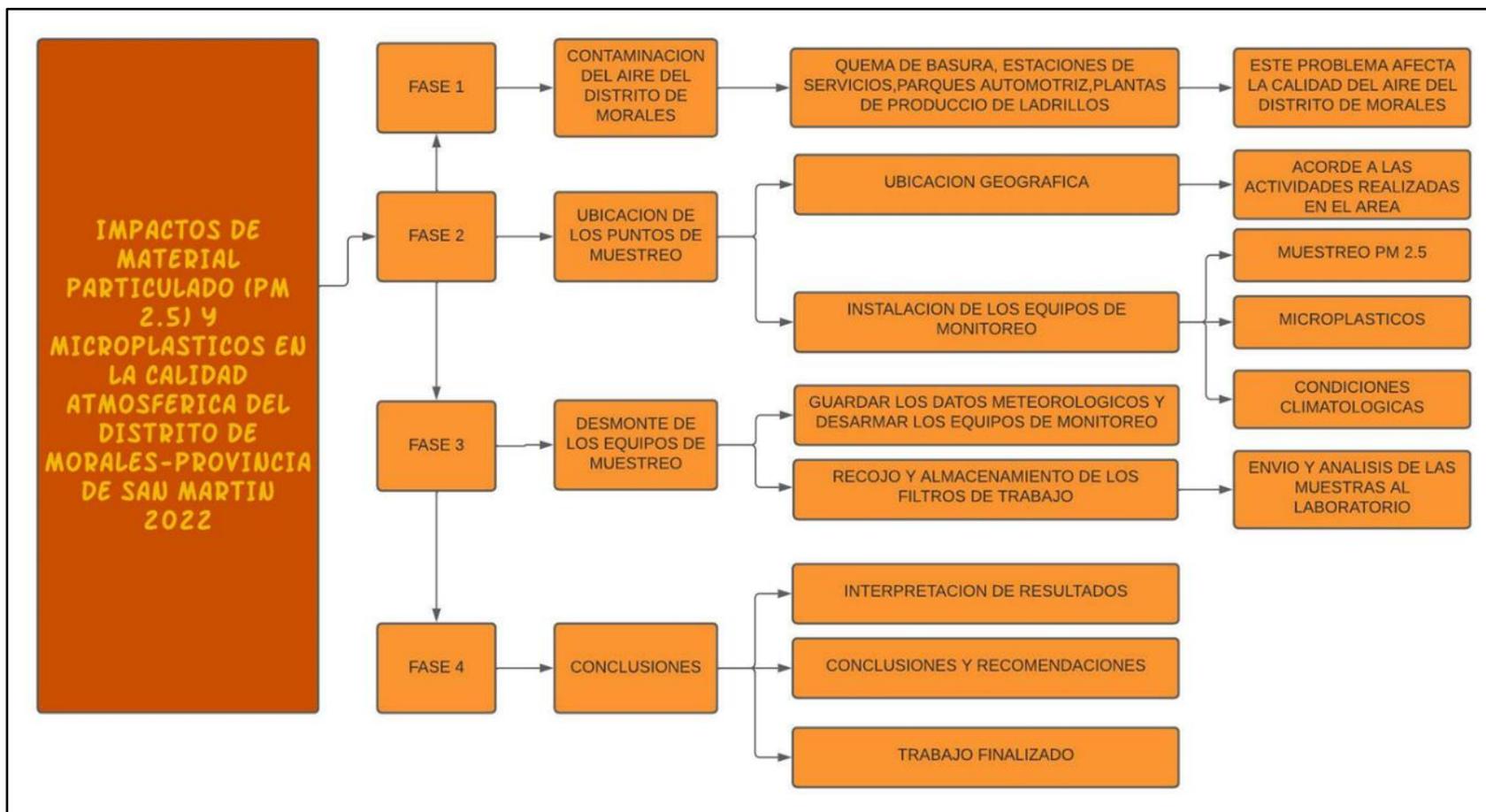


Figura 5. Proceso del muestreo

Posteriormente se expone el período en los métodos manipulados para el muestreo de Material Particulado (PM_{2.5}) en la calidad atmosférica del Distrito de Morales.

Fases de la Investigación

Fase 1: Identificación de puntos para la toma de muestra. Se realizó la caracterización de las zonas más críticas del área de estudio realizando el método de observación directa, en el que se determinó 10 puntos de muestreo en las zonas con más influencia tanto de comercios, estaciones de servicio, centros comerciales, ladrilleras, piladoras de arroz y el parque automotor. Estos influenciando de manera significativa al distrito de Morales por estar caracterizados económicamente y productivamente. (Figuras 6,7)

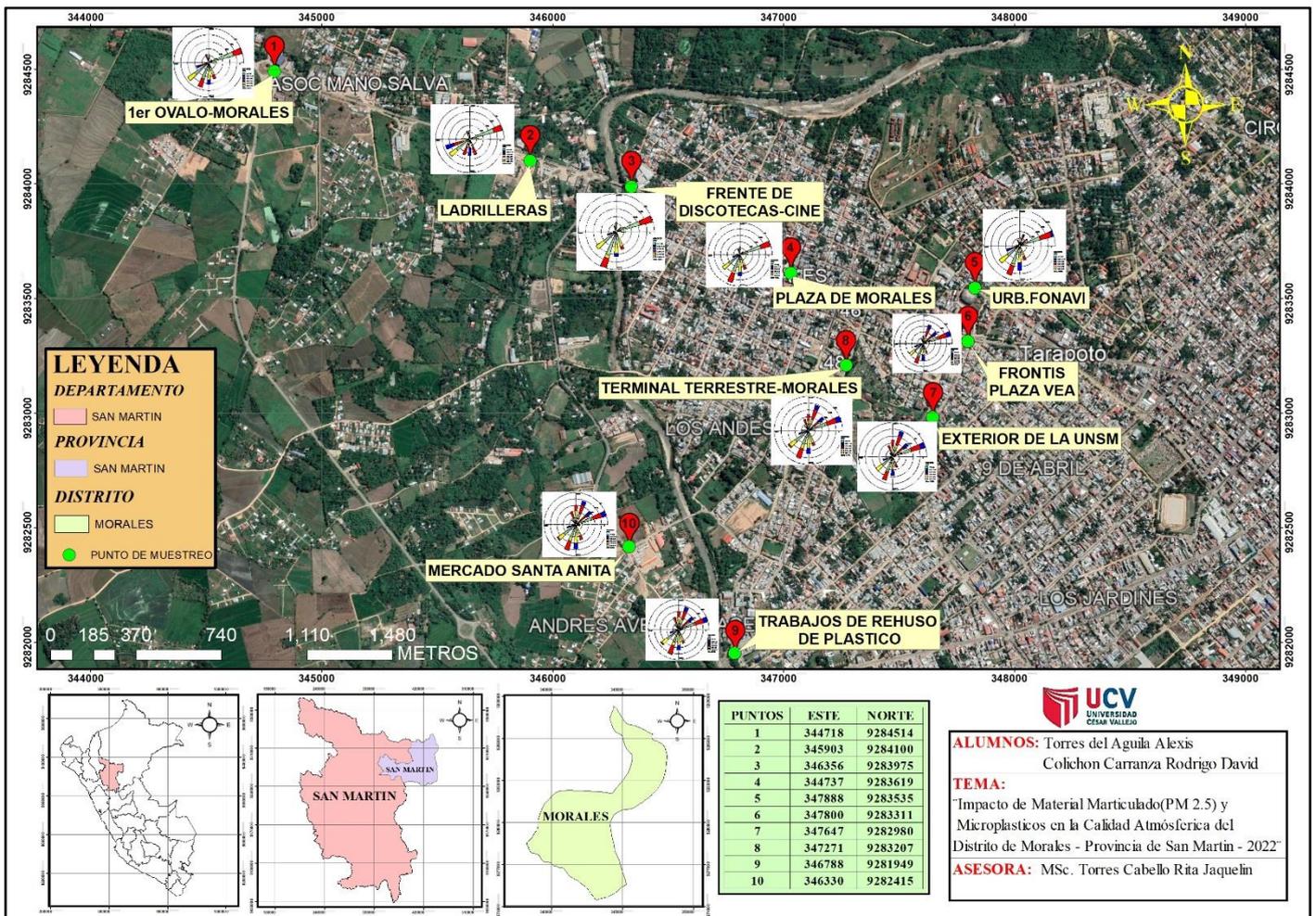


Figura 6. Mapa del lugar de la zona de Estudio

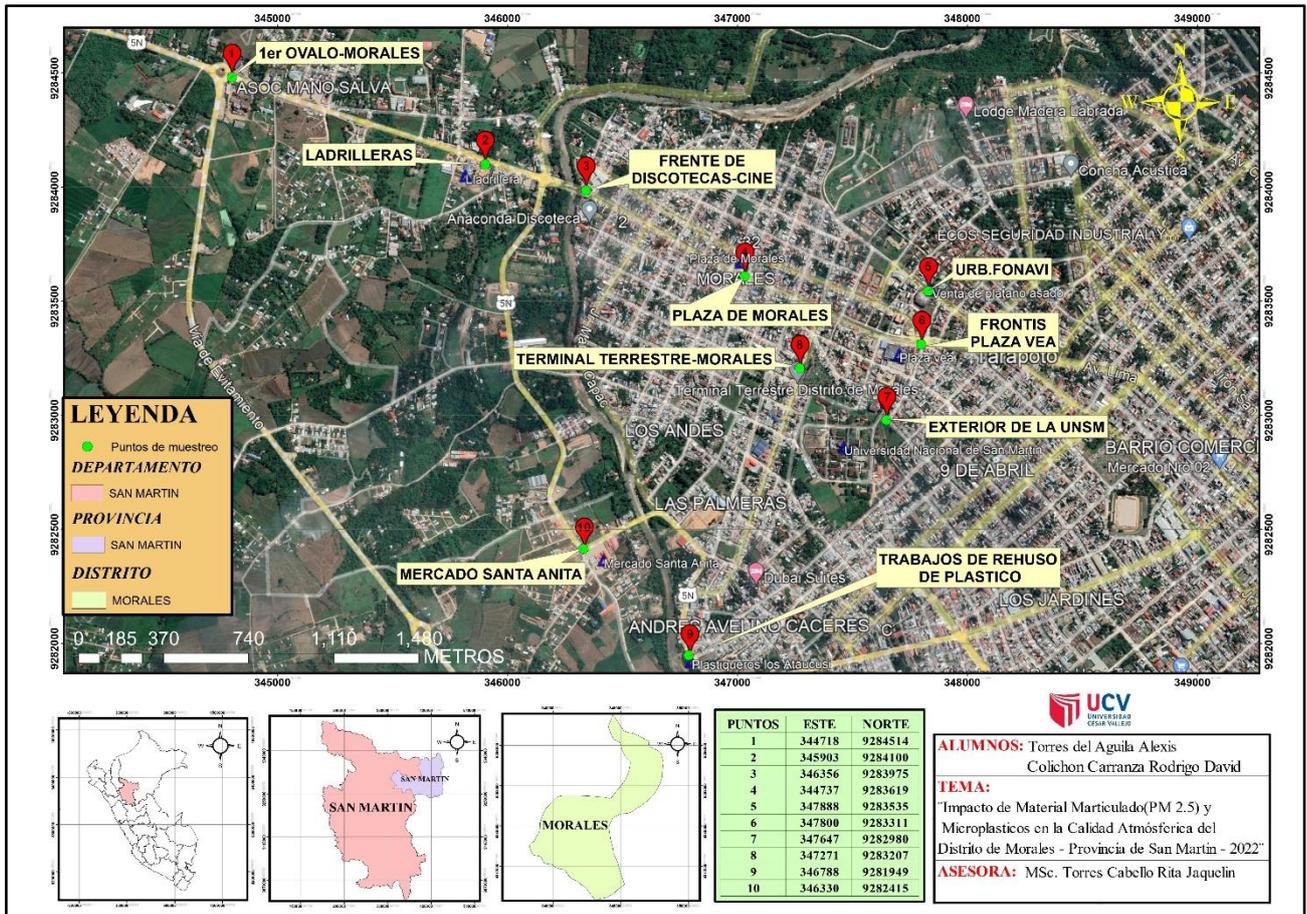


Figura 7. Caracterización de las actividades económicas en los sitios de muestreo

Fase 2: Recolección y proceso de toma de muestras Una vez identificados los puntos críticos se ubicó geográficamente con coordenadas UTM con la ayuda de un GPS.

1. Se instalaron los equipos para la medición de la calidad del aire (LOW VOL), de marca ECOTECH y (PQ200) de Marca Mesa Labs, ambos equipos ensamblados y calibrados en Perú, con los filtros correspondientes para la captación de (PM_{2.5}) y con un flujo constante de acuerdo a normativa nacional que corresponde a un valor de 10.44 L/min y la estación meteorológica para los datos de fuerza y dirección del viento.
2. La Estación Meteorológica que se utilizó es del modelo FWS 20N, contiene sensores para la medición de dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa datos que fueron muy útiles ya que con eso se determinó si los parámetros ya mencionados influyeron en la medición Microplásticos y Material Particulado.

Los Equipos trabajaron 24 horas por punto acorde al DS. N° 003-2017 MINAM (Figura 14) con un flujo constante de 10.44 L/m.

Tabla 9. Estándar de Calidad Ambiental del Aire (ECA)

| Parámetros | Periodo | Valor [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Criterios de evaluación | Método de Análisis |
|---|----------|------------------------------------|--------------------------|--|
| Material Particulado con Diámetro menor a 2.5 micras (PM _{2.5}) | 24 horas | 50 | NE más de 7 veces al año | Separación inercial/filtración (Gravimetría) |

Fuente:DS. N° 003-2017 MINAM



Figura 8.Recoleccion de muestras

3. EPA 40 CFR Appendix L. to Part 50 (Tabla 10) , el método proporciona es el (Método de Referencia que sirvió para determinar el $PM_{2.5}$), este método indica la forma de las mediciones de concentraciones de masa de partículas finas que tienen un radio inferior o igual a 2.5 micrómetros en el aire durante un proceso de 24 horas con el fin de conocer si la concentración cumple con los estándar nacional de calidad de aire y partículas finas especificados (National Institute for Occupational Safety &Health)

Tabla 10. Medidas de Muestreo

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Agente Químico | Polvo respirable/Microplásticos |
| Metodología | EPA 40 CFR Appendix L. top art 50 |
| Equipo | BGI (PQ200) |
| Flujo | 10.44 L/m |
| Periodo de Muestreo | 24 hrs |

Fuente: EPA 40 CFR Appendix L.top art 50 (2018)

Se ha utilizado un muestreador activo (Tabla 11), y como elemento para la ejecución en exactitud y seguridad se manipuló metodologías manuales para partícula.

Tabla 11. Materiales y equipos utilizados para la medición en polvo en Material Particulado (PM_{2.5})

| Unidad | Equipo | Marca | Modelo | N° de Serie | Función | Imagen |
|--------|----------------------------------|----------------|--------------|-------------|--|---|
| 1 | Muestreador de Partículas | MESA LABS | BGI (PQ 200) | 2851 | Muestreador para Material Particulado (PM _{2.5}) con aprobación de US EPA. |  |
| 10 | Filtros de Teflón de 37mm y 5 Um | - | - | - | La captación del Material Particulado para su posterior análisis |  |
| 10 | Porta Filtros de Celulosa | - | - | - | Estuches para mantener el filtro en óptimas condiciones |  |
| 1 | GPS | GARMIN | GPSMAP 64 S | | Proporcionar información sobre la ubicación geográfica del lugar. |  |
| 1 | Estación Meteorológica | PCE INSTRUMENT | FWS 20N | - | Es medir y registrar datos meteorológicos, para realizar acciones preventivas en cuanto a las variaciones de los factores. |  |

Fase 3: Se guardó la información obtenida por el equipo meteorológico y los filtros serán retirados cuidadosamente de los equipos y almacenados en porta filtros de celulosa para su correspondiente envío y análisis al laboratorio. El mismo procedimiento se empleó en los 10 puntos de monitoreo una vez culminada su tiempo de monitoreo.

Se analizará la concentración de material particulado por el método de gravimetría, que consta en el pesaje del filtro.

Para el análisis de Microplásticos se utilizó el método de FTIR, consta en la utilización de luz infrarroja.

Fase 4: Interpretamos los datos analizados, en el caso de Material particulado vemos la concentración de cada punto de monitoreo y los comparamos con los ECAs, LMP y OMS.

En el caso de Microplásticos después de los análisis correspondientes identificamos si es que existe la presencia de partículas de plástico, la dimensión de las partículas y el tipo de plástico presente y así podremos saber cuál es su fuente de procedencia.

3.6. Método de Análisis de datos

En el paso de análisis de datos obtenidos en el presente trabajo de investigación se opera la estadística descriptiva en la presentación Excel para la conducción de datos de las condiciones meteorológicas (parámetros).

3.7. Aspectos técnicos

Esta investigación se basa en la integridad, responsabilidad y respeto por quienes siguen los principios establecidos en el Código de Ética establecidos en la Resolución Sectorial N° 0089-2019-UCV de la Universidad Cesar Vallejo. De manera similar, el uso del software de Turnitin para verificar la propiedad y la propiedad intelectual mantiene el principio de integridad

IV. RESULTADOS

La obtención de los resultados durante la evaluación de material particulado ($PM_{2.5}$) en el distrito de Morales se muestran en las siguientes figuras y tablas concerniente a los objetivos planteados.

Resultados del Cálculo de Material Particulado ($PM_{2.5}$) obtenidos en los sitios de muestreo.

Fórmula para determinar la concentración de Material Particulado $PM_{2.5}$, absorbido por el equipo PQ 200, a través del volumen del aire durante el tiempo de muestreo de 24 hrs.

$$\text{Volumen de aire} = \text{Flujo del Equipo} * \text{Tiempo de Monitoreo}$$

$$\text{Volumen de aire} = 10.44 \text{ L/M} * 1440 \text{ min (24 horas en minutos)}$$

$$\text{Volumen de aire} = 15030 \text{ L (Transformarlo a m}^3 \text{ dividiéndolo por 1000)}$$

$$\text{Volumen de aire} = 15.03 \text{ m}^3$$

Tabla 12. Resultados de Material Particulado en g/filtro

| Resultados de Material Particulado en g/filtro | |
|---|--------------------------|
| CA-01 (1° Ovalo de morales) | 0.001300 g/filtro |
| CA-02 (Ladrilleras) | 0.001791 g/filtro |
| CA-03 (Frente de Discotecas-cines) | 0.001132 g/filtro |
| CA-04 (Plaza de Morales) | 0.001077 g/filtro |
| CA-05 (Urb. Fonavi) | 0.001165 g/filtro |
| CA-06 (Frontis Plaza Veá) | 0.001542 g/filtro |
| CA-07 (Exterior de UNSM) | 0.001063 g/filtro |
| CA-08 (Terminal Terrestre de Morales) | 0.001586 g/filtro |
| CA-09 (Trabajos de Reusó de Plásticos) | 0.001484 g/filtro |
| CA-10 (Mercado Santa Anita) | 0.001855 g/filtro |

Fuente: Elaboración Propia (2022)

- Cálculo de la concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-01
 Concentración = peso (μg) – (multiplicarlo por 1000000) / volumen de aire (m^3)
 $Concentración = 1300 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 86.4 \mu g/m^3$
- Cálculo de la concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-02
 $Concentración = 1791 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 119.1 mn \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-03
 $Concentración = 1132 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 75.3 \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-04
 $Concentración = 1077 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 72 \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-05
 $Concentración = 1165 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 78 \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-06
 $Concentración = 1542 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 103 \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-07
 $Concentración = 1063 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 71 \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-08
 $Concentración = 1586 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 106 \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-09
 $Concentración = 1484 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 99 \mu g/m^3$
- Cálculo de concentración de $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ en el sitio CA-10
 $Concentración = 1855 \mu g / 15.03 m^3$
 $Concentración = 123.4 \mu g/m^3$

4.1. Analizar las concentraciones de material particulado 2.5, frente a los valores de referencia internacional.

Tabla 13. Comparación de resultados de Material Particulado PM_{2.5}, según la OMS

| Puntos de Monitoreo | Valores Finales | Valores de la OMS |
|---------------------|--------------------------------|---|
| CA-01 | 86.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-02 | 119.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-03 | 75.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-04 | 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-05 | 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-06 | 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria |
| CA-07 | 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-08 | 106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-09 | 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-10 | 123.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |

Fuente: Elaboración propia de los investigadores, 2022.

Cita: Organización Mundial de la Salud (2021)

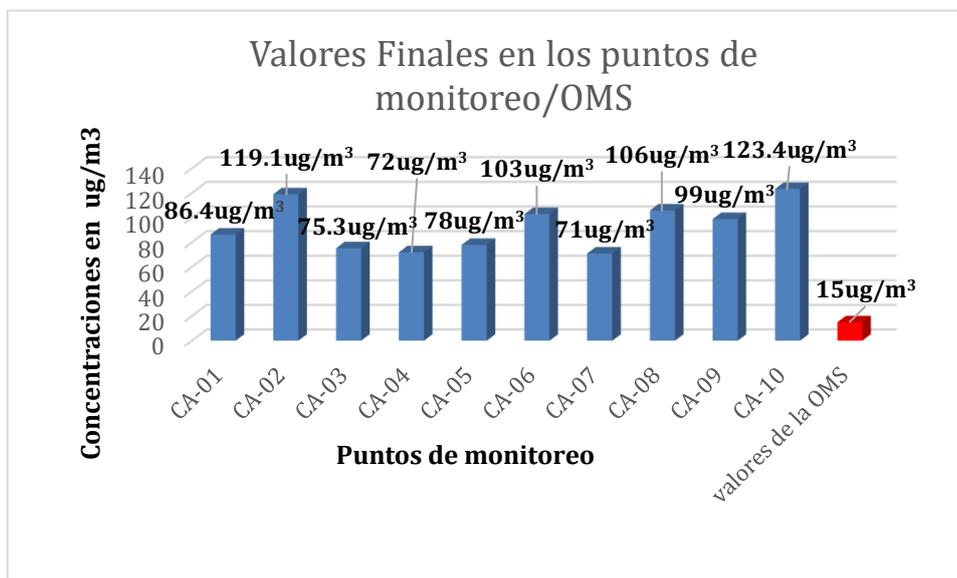


Figura 9. Valores finales en un puntos de monitoreo en comparación a los valores de la OMS

Fuente: Elaboración propia de los investigadores, 2022.

Cita: Organización Mundial de la Salud (2021)

En la tabla 13 y figura 9 se muestran la obtención de resultados durante el proceso del monitoreo ambiental de la calidad del aire del distrito de Morales, referido al Material Particulado (PM_{2.5}), donde los resultados de los sitios de muestreo superan lo establecido según la OMS donde su valor es 15 ug/m³.

4.2. Analizar la influencia de las concentraciones de material particulado 2.5, frente a la normativa nacional.

Tabla 14. Comparación de resultados de Material Particulado según ECA

| Puntos de Monitoreo | Valores Finales | ECA |
|---------------------|-------------------------|--|
| | | DS N° 003-2017-MINAM |
| CA-01 | 86.4 µg/m ³ | 50 µg/m ³ en un periodo de 24 horas |
| CA-02 | 119.1 µg/m ³ | |
| CA-03 | 75.3 µg/m ³ | |
| CA-04 | 72 µg/m ³ | |
| CA-05 | 78 µg/m ³ | |
| CA-06 | 103 µg/m ³ | |
| CA-07 | 71 µg/m ³ | |
| CA-08 | 106 µg/m ³ | |
| CA-09 | 99 µg/m ³ | |
| CA-10 | 123.4 µg/m ³ | |

Fuente: Elaboración propia de los investigadores, 2022.

Cita: DS N° 003-2017-MINAM

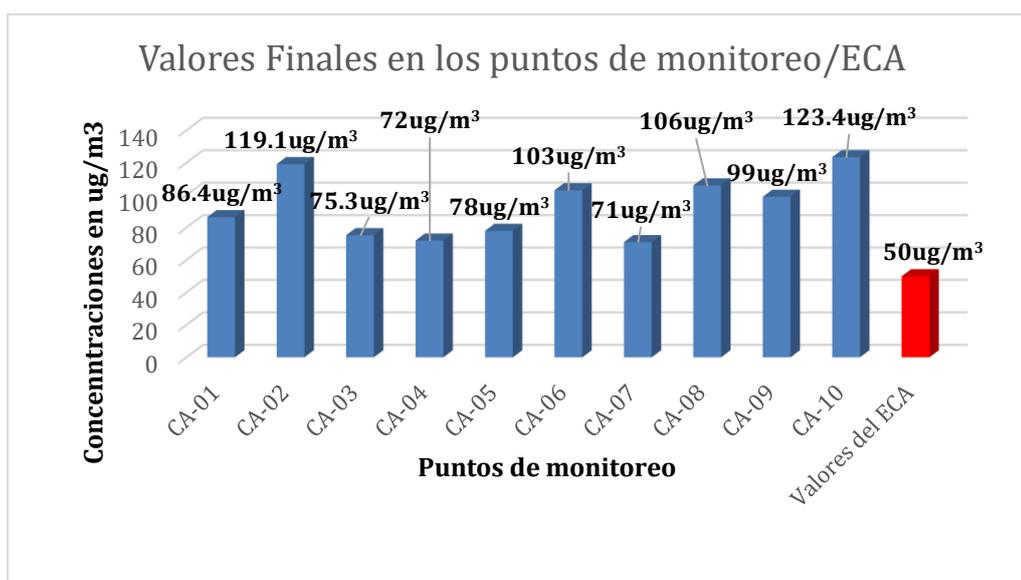


Figura 10. Valores finales en los puntos de monitoreo en comparación con el ECA

Fuente: Elaboración propia de los investigadores, 2022.

En la tabla 14 y figura 10 se muestran la obtención de datos durante el monitoreo ambiental de la calidad del aire del distrito de Morales, referente al Material Particulado (PM_{2.5}), donde los resultados de los sitios de monitoreo SUPERAN lo establecido según los Estándares de calidad de aire (ECAS) DS N° 003-2017-MINAM lo que establece valor de 50ug/m³

Tabla 15. Comparación de Resultados de Material Particulado según Índice de calidad de aire (INCA)

| Puntos de Monitoreo | Valores Finales | INCA-RM-N° 181-2016-MINAM |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| CA-01 | 345.6 µg/m ³ | |
| CA-02 | 476.4 µg/m ³ | |
| CA-03 | 301.2 µg/m ³ | |
| CA-04 | 288 µg/m ³ | 0 – 50 ug/m ³ (BUENA) |
| CA-05 | 312 µg/m ³ | 51-100 ug/m ³ (MODERADA) |
| CA-06 | 412 µg/m ³ | 101-500 ug/m ³ (MALA) |
| CA-07 | 284 µg/m ³ | >500 (UMBRAL DE CUIDADO) |
| CA-08 | 424 µg/m ³ | |
| CA-09 | 396 µg/m ³ | |
| CA-10 | 493.6 µg/m ³ | |

Fuente: Elaboración propia de los investigadores, 2022

Cita: INCA-RM-N° 181-2016-MINAM

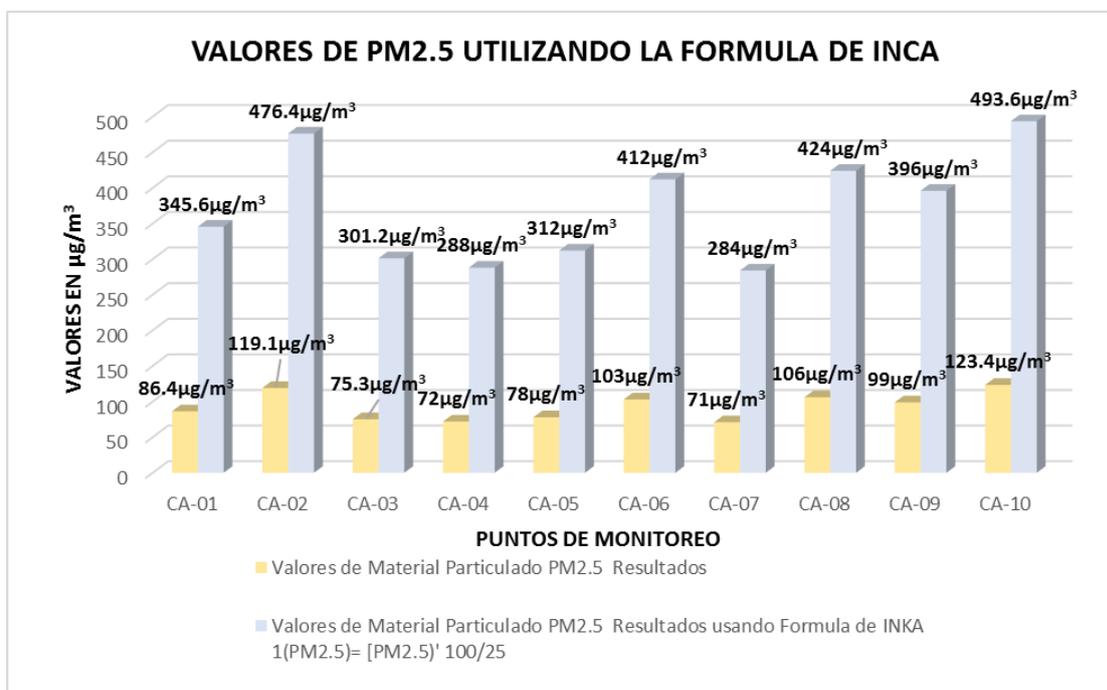


Figura 11. Valores de Material Particulado $PM_{2.5}$ utilizando la fórmula de los Índices de calidad del Aire (INCA)

En la tabla 15 y figura 11 se muestran los resultados obtenidos durante el monitoreo ambiental de la calidad del aire del distrito de Morales, referente al Material Particulado ($PM_{2.5}$), donde los resultados de los puntos de monitoreo SUPERAN lo establecido según el INCA RM-N°181-2016-MINAM lo que establece valores permitidos de 0 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabla 16)

Tabla 16. Calculo del Índice de calidad del Aire (INCA)

| Material Particulado ($PM_{2.5}$) promedio 24 horas | | |
|---|---|---|
| Intervalo del INCA | Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ecuación |
| 0 – 50 | 0 – 12.5 | $1(PM_{2.5}) = [PM_{2.5}] \cdot 100/25$ |
| 51 – 100 | 12.6 – 25 | |
| 101 – 500 | 25.1 – 125 | |
| >500 | >125 | |

Fuente: RM-N° 181-2016-MINAM

De acuerdo a los valores encontrados en el monitoreo de aire según el INCA se manifiesta que las concentraciones superan lo establecido, manifestando que la calidad del aire no presenta óptimas condiciones ya que se encuentra en un rango de $>125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que representa el color marrón (Umbral de cuidado) indicando que las concentraciones del contaminante afectan la salud de la población vulnerable.

4.3. Analizar el Impacto del Material Particulado 2.5 en la calidad atmosférica del Distrito de Morales-Provincia de San Martín-2022.

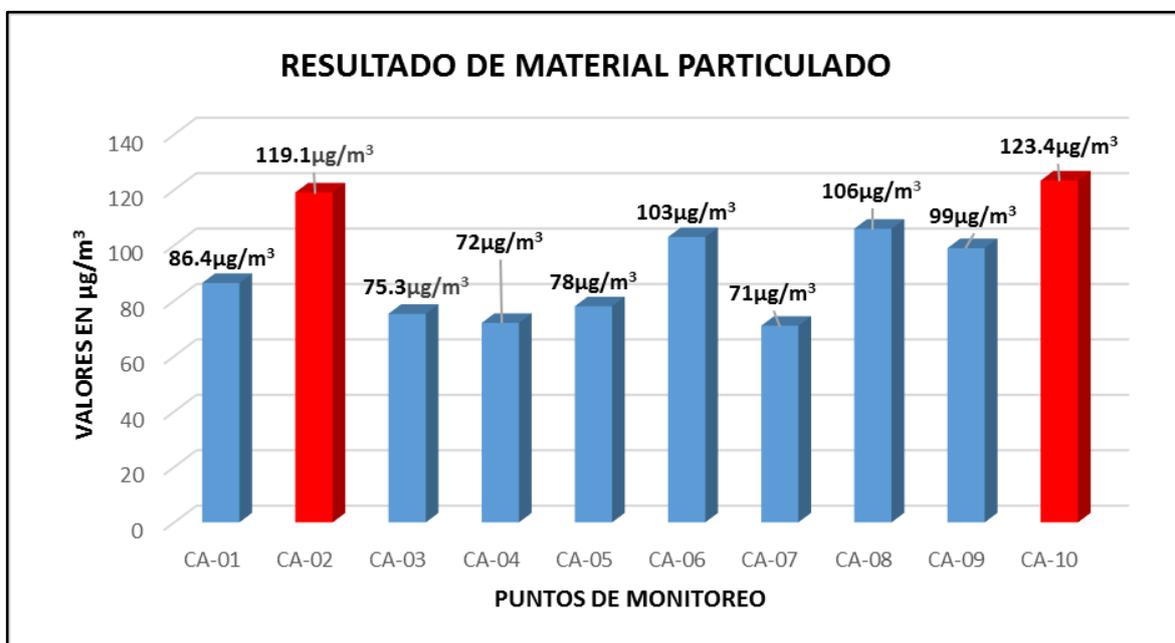


Figura 12. Resultado de Material Particulado en los puntos de monitoreo

En la Figura 12 se determina en nivel de concentración del material particulado $\text{PM}_{2.5}$ de las muestras. Consiguiendo un valor de $123.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el décimo sitio de muestreo (P-10), siendo esto el de mayor volumen de concentración.

Tabla 17. Promedio final de las Variables Meteorológicas

| Promedio Final de las Variables Meteorológicas | | | | | |
|--|-------------|------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| N° de Estación | Temperatura | Humedad Relativa | Velocidad del Viento (m/s) | Dirección del Viento | Fechas de muestreo |
| CA-01 | 26.3 °C | 70.5% | 1.6 | NNE | 14-03-2022 |
| CA-02 | 26.5°C | 65.5% | 2.4 | SWW | 15-03-2022 |
| CA-03 | 27.7°C | 70.5% | 1.6 | NNE | 16-03-2022 |
| CA-04 | 27.1°C | 65.5% | 2.4 | SWW | 17-03-2022 |
| CA-05 | 27.2°C | 58.3% | 3.5 | SSW | 18-03-2022 |
| CA-06 | 27.5°C | 59.9% | 4.5 | SW | 19-03-2022 |
| CA-07 | 26.8°C | 68.3% | 1.9 | SSE | 20-03-2022 |
| CA-08 | 26.5°C | 71.2% | 1.3 | SE | 21-03-2022 |
| CA-09 | 27.1°C | 69.1% | 0.5 | SWW | 22-03-2022 |
| CA-10 | 27.7°C | 62.5% | 0.5 | SWW | 23-03-2022 |

Fuente: Elaboración propia (2022)

Para comprobar la presencia de Material particulado (PM_{2.5}) y se analizaron los valores de los parámetros meteorológicos los días 14,15 16,17,18,19,20,21,22 y 23 de marzo de 2022 (Tabla 17).

Tabla 18. Data promedio Dirección del Viento

| Promedio de Dirección del Viento | | |
|----------------------------------|-----|--------------|
| CA-01 | NNE | 22.5 grados |
| CA-02 | SWW | 247.5 grados |
| CA-03 | NNE | 22.5 grados |
| CA-04 | SWW | 247.5 grados |
| CA-05 | SSW | 202.5 grados |
| CA-06 | SW | 225 grados |
| CA-07 | SSE | 157.5 grados |
| CA-08 | SE | 135 grados |
| CA-09 | SWW | 247.5 grados |
| CA-10 | SWW | 247.5 grados |

Fuente: Elaboracion Propia (2022)

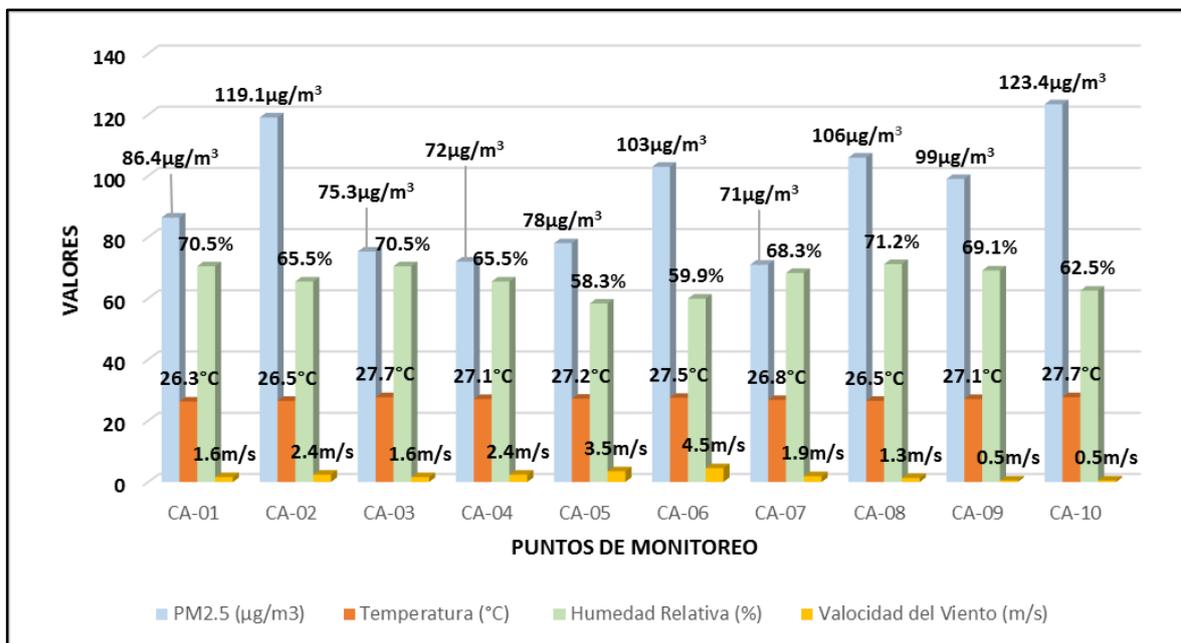


Figura 13. Concentración de Material Particulado (PM_{2.5}) en relación con las condiciones meteorológicas en las muestras obtenidas durante el monitoreo.

De acuerdo a estos estudios se obtuvo que la condición climática mínima exhibió un promedio de 26.3 °C en el punto de monitoreo CA-01. La temperatura máxima fue en los sitios de monitoreo CA-03 y CA-10 donde se obtuvo un promedio de 27.7 °C (Figura 13). La humedad relativa media fue 87.9%. La humedad relativa mínima fue 78.4 %; en tanto la humedad relativa máxima fue 97.1% y los promedios meteorológicos de la dirección del viento, descritos en la (Tablas 17 y 18). Las trayectorias preponderantes durante el progreso del monitoreo fueron SSW con 247.5 % en los sitios CA-02, CA-04, CA-09 y CA-10 este proceso se hizo con la rosa de viento que es un esquema hiperbóreo que simboliza el porcentaje de viento con la dirección oportuna, con una observación simple a un tipo grafico donde estudiaremos la frecuencia y valores de la dirección y velocidad del viento.

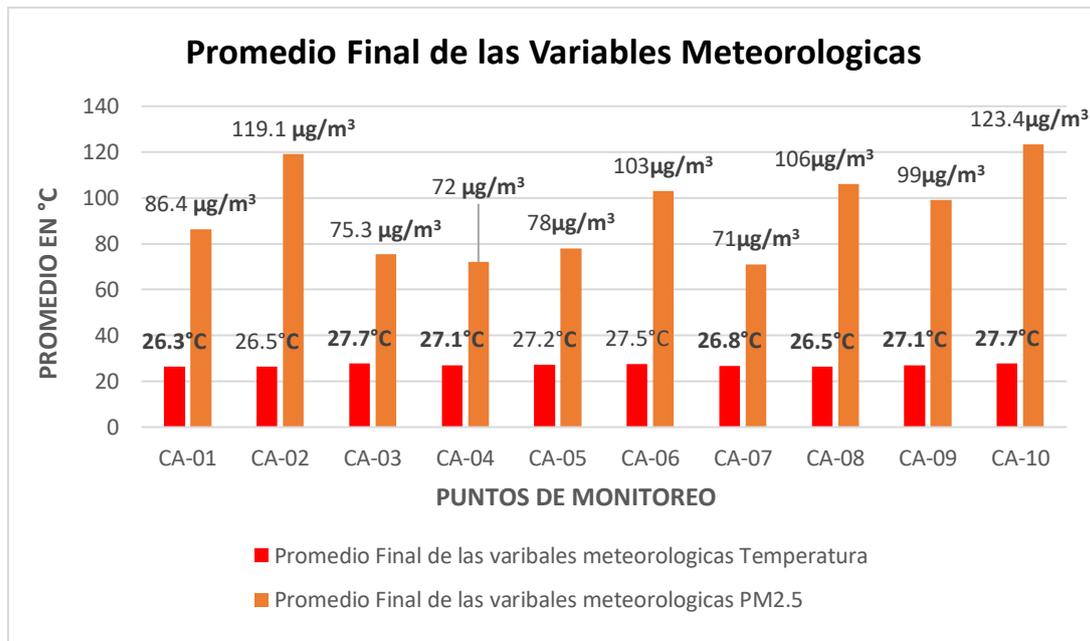


Figura 14. Promedio final de las variables meteorológicas en relación a la temperatura.

En la figura 14 se indica el promedio final de las variables meteorológicas que se realizó en los sitios de muestreo, en donde se determinó el promedio final de la temperatura

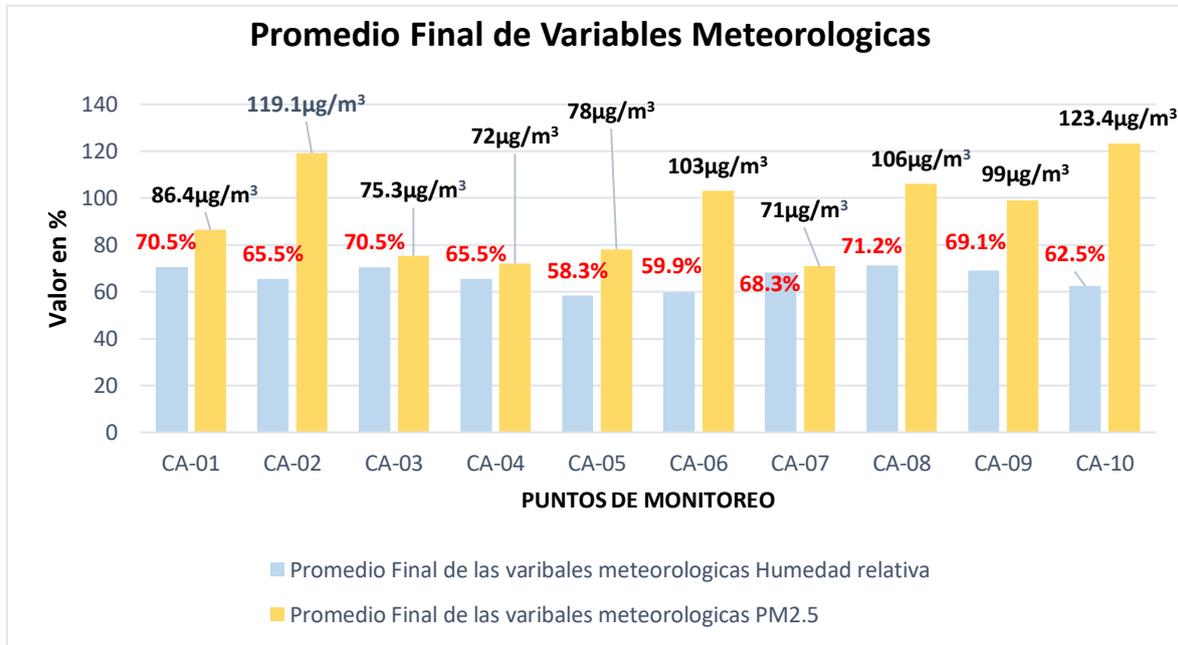


Figura 15. Promedio final de las variables meteorológicas en relación a la Humedad relativa

En la figura 15 se indica el promedio final de las variables meteorológicas en relación con la Humedad Relativa.

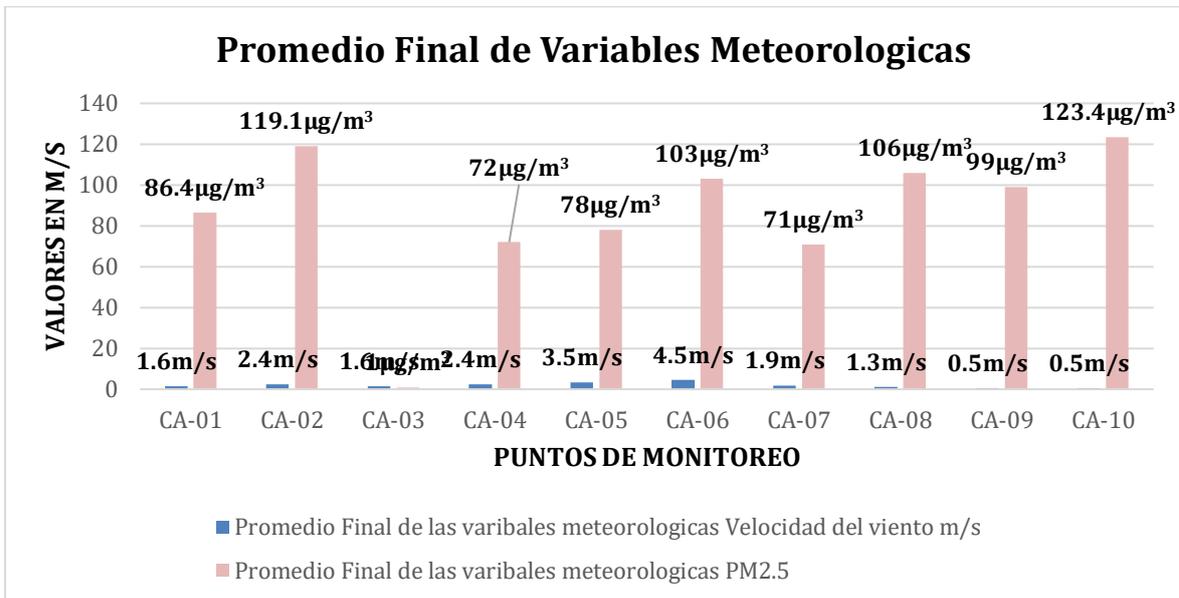


Figura 16. Promedio Final de las variables meteorológicas en relación con la velocidad del viento (m/s)

También se realizó el promedio final de la velocidad del viento (m/s) en cada sitio de muestreo (Figura 16).

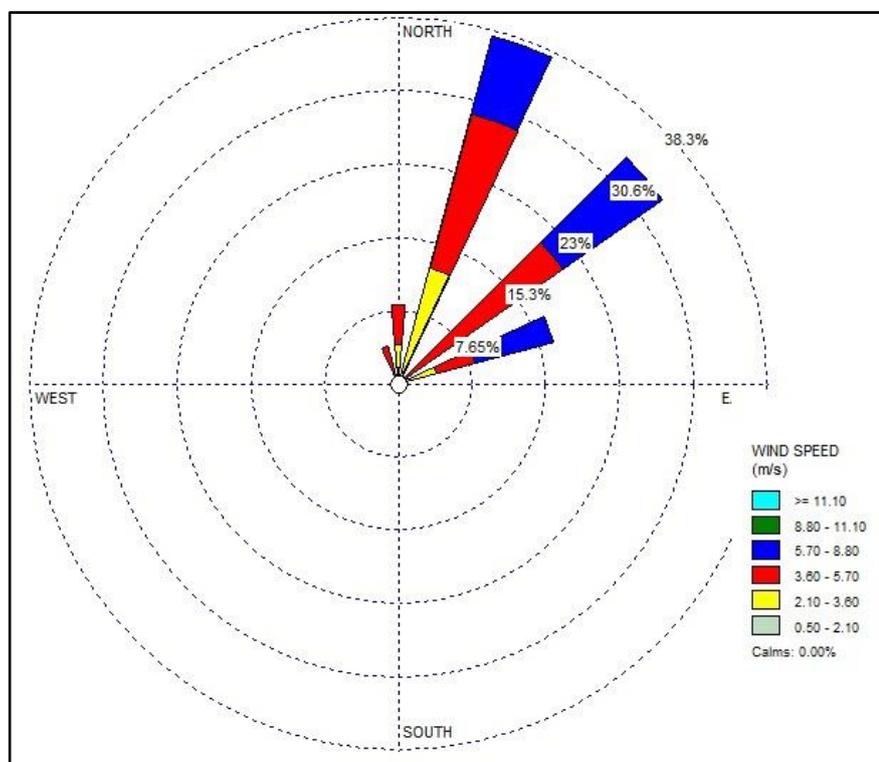
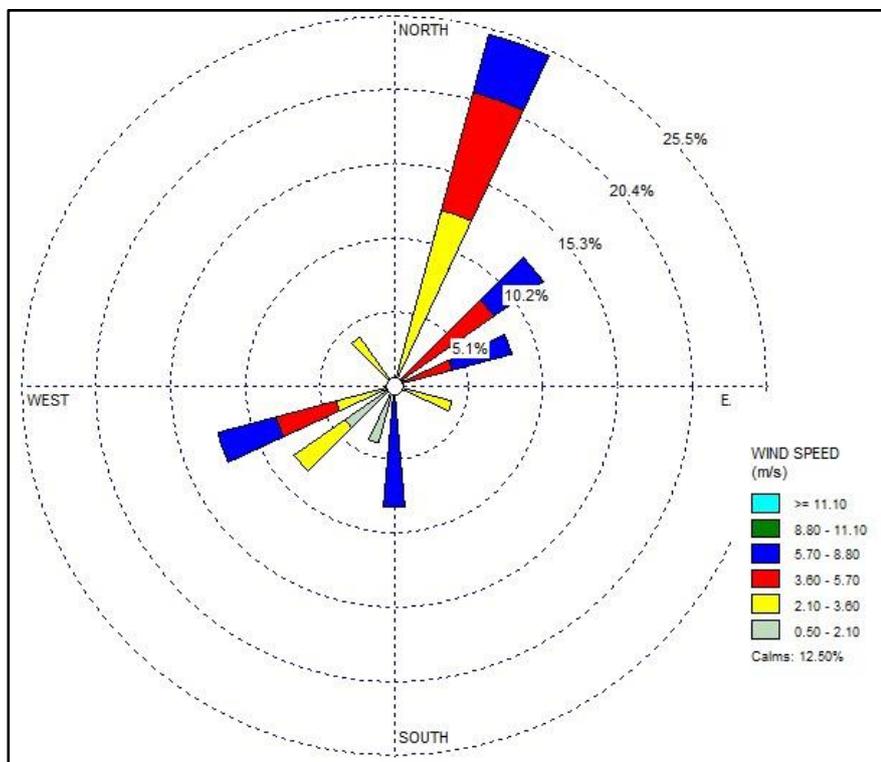


Figura 17. Rosa de Viento

Durante el monitoreo de aire se realizó conjuntamente el monitoreo meteorológico, que tienen predominancia las rosas del viento hacia el noroeste en los puntos de muestreo (Figura 17)

Características del PM_{2.5}

De esta manera, se logró identificar las particularidades del material particulado (PM_{2.5}) que se encuentra presente en la calidad del aire del distrito de Morales, a través de la microscopía electrónica de barrido (SEM).

En la Figura 18 se ha observado el material particulado en la muestra de análisis con un nivel microscópico de 500 x donde se puede distinguir las partículas y de color transparente originario del material particulado PM_{2.5}

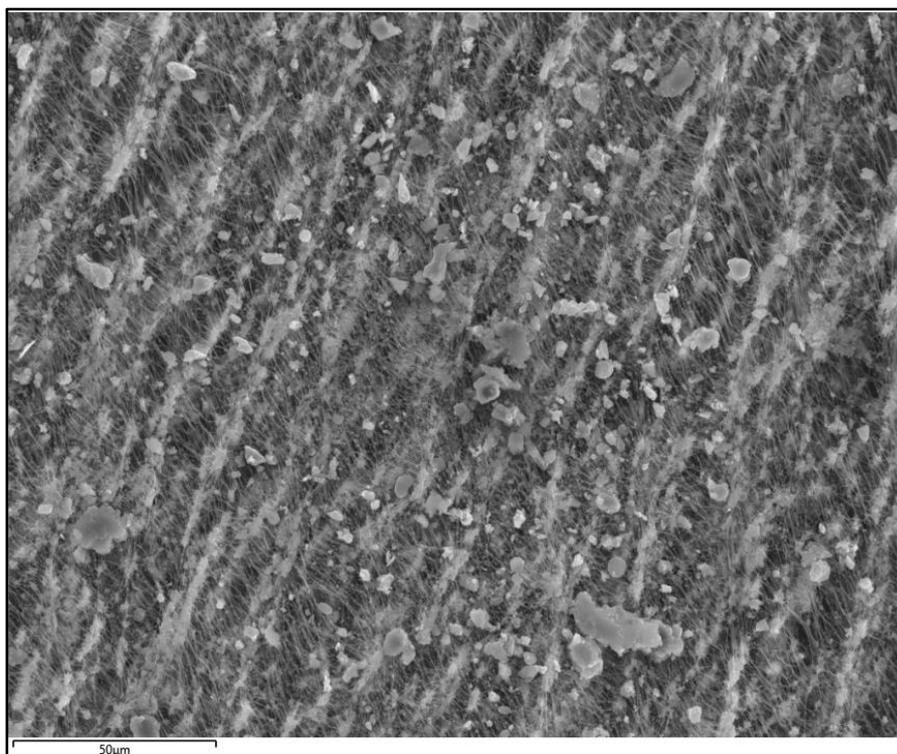


Figura 18. Imagen de la muestra CA-01 en el microscopio (500x)

En la Figura 19 se aumentó el levantamiento del microscópico a 1500 x en la cual se ha podido apreciar partículas de material particulado de color claro y de forma proporcionada.

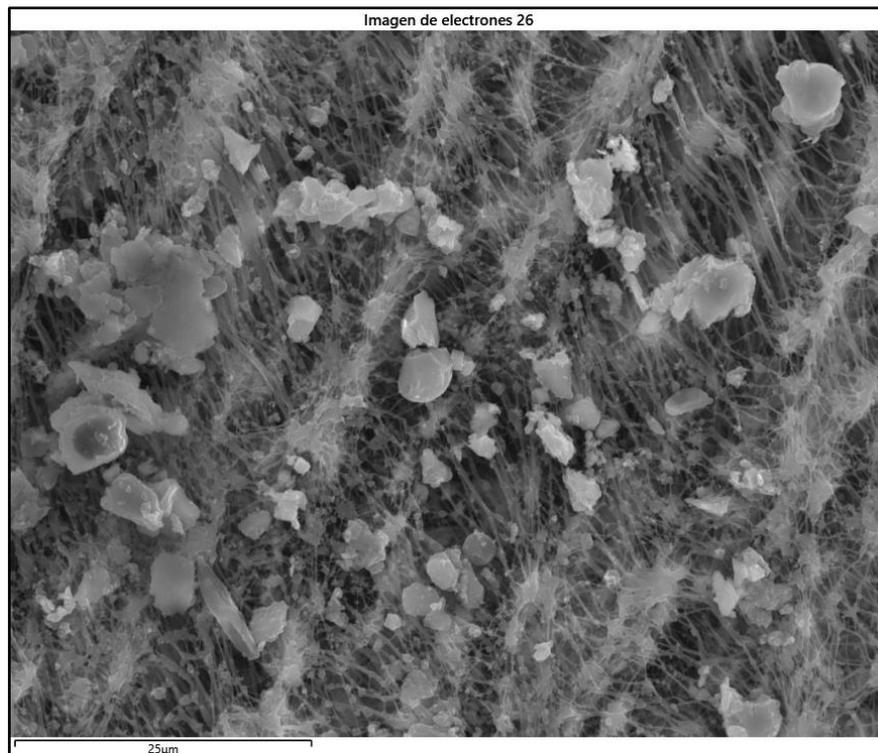


Figura 19. Imagen de la muestra CA-01 en el microscopio (1500x)

En la Figura 20 el nivel microscópico fue de 5000x, se indica que los materiales particulados con mucha claridad y de una forma definida.

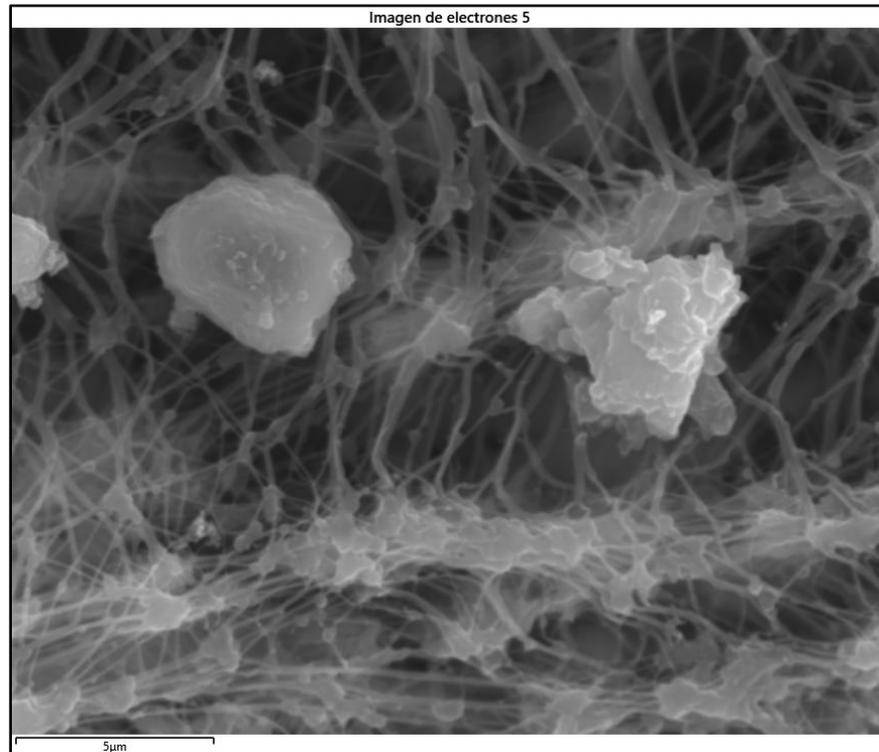


Figura 20. Imagen de la muestra CA-01 en el microscopio (5000x).

Se identifica la composición general de compuestos inorgánicos, presente, una composición de minerales de silicatos, material vítreo, wollastonita, óxido de aluminio, hierro y cobre particulado

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FTIR

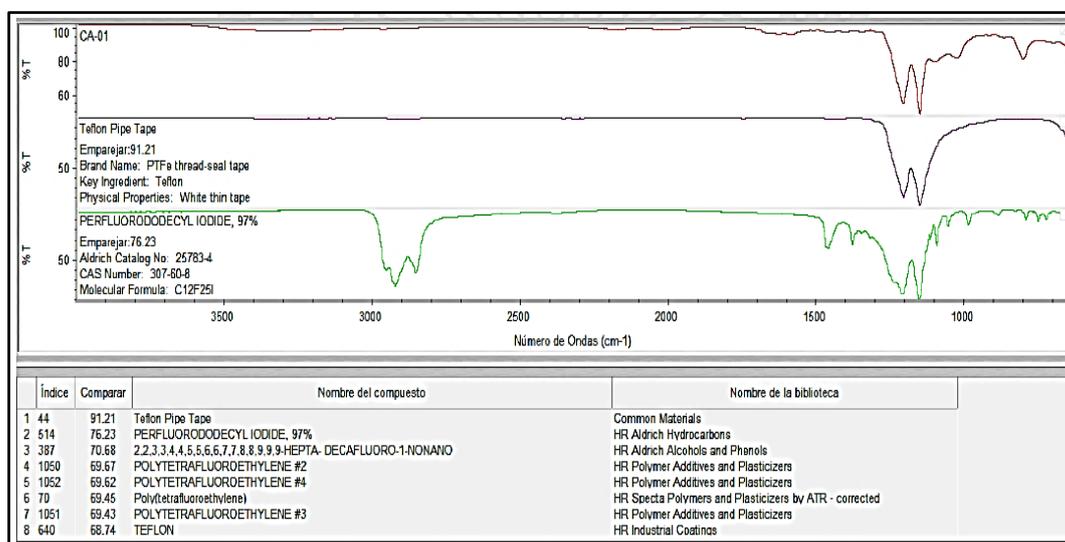


Figura 21. Análisis de microplásticos en el punto CA-01

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: en cuanto a la figura 21 se hizo un análisis de mediante (FTIR) que es la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 21, se observó elementos de cierto material plástico, para la muestra CA-01, se demostró la presencia de yoduro de perfluorododecilo con longitudes de onda de 3343.58 cm^{-1} y 2966.80 cm^{-1} .

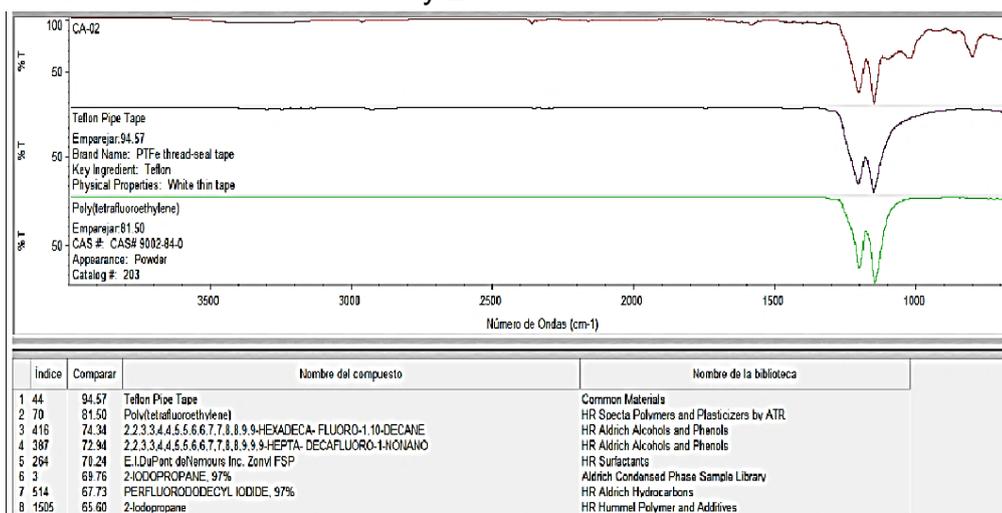


Figura 22. Análisis de microplásticos en el punto CA-02

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: en cuanto a la figura 22 se hizo un análisis de mediante (FTIR) que es la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 22, se identificó elementos de cierto material plástico como politetrafluoroetileno que podría suponerse expuestos en los picos del filtro de teflon, para la muestra CA-02, por lo tanto la falta de datos no permite identificar elementos de cierto material plástico, para la muestra estudiada.

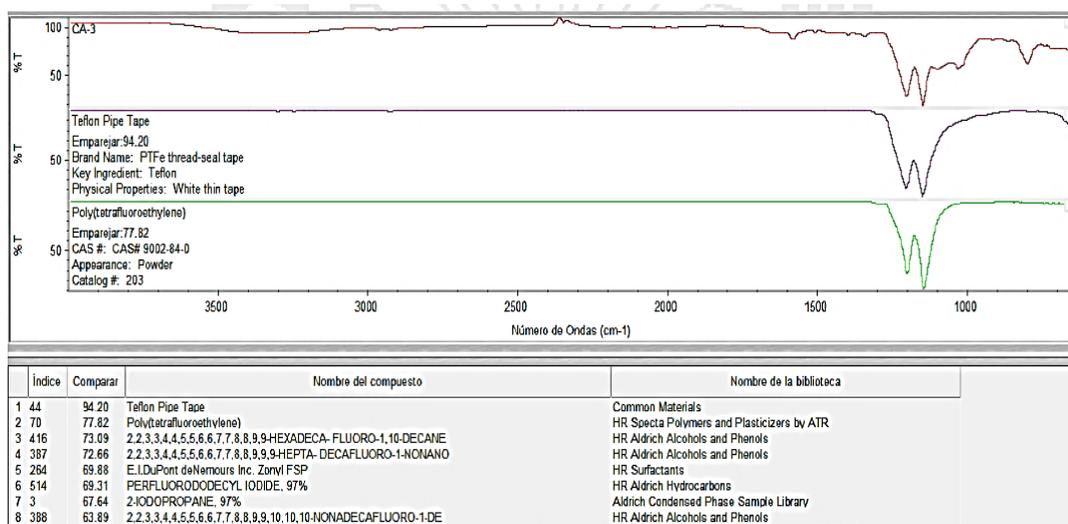


Figura 23. Análisis de microplásticos en el punto CA-03

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: en cuanto a la figura 23 se desarrollo un análisis de mediante (FTIR) que es la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 23, se identificó elementos de cierto material plástico como politetrafluoroetileno que podría suponerse expuestos en los picos del filtro de teflon, para la muestra CA-03, por lo tanto la falta de datos no permite observar elementos de cierto material plástico, para la muestra.

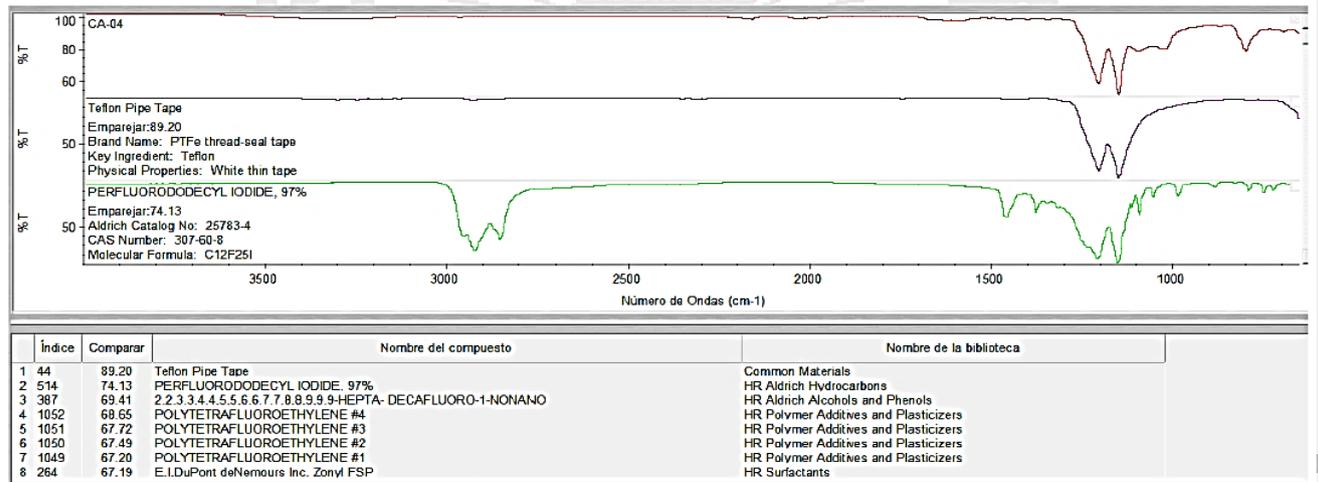


Figura 24. Análisis de microplásticos en el punto CA-04

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: en cuanto a la figura 24 se determinó a través de un análisis del uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 24, se observó elementos de cierto material plástico, para la muestra CA-04, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorododecilo con longitudes de onda de 1204.42 cm^{-1} y 1095.91 cm^{-1}

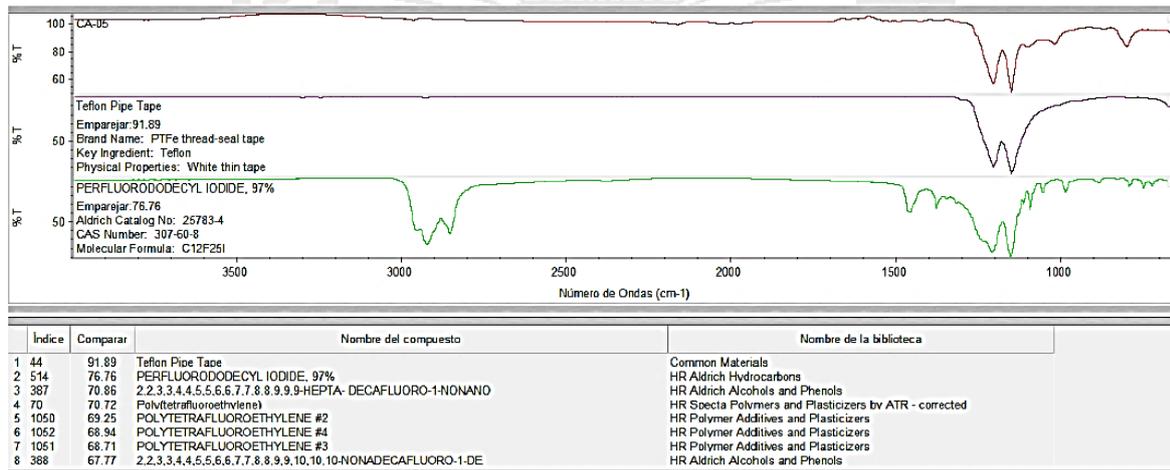


Figura 25. Análisis de microplásticos en el punto CA-05

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: en cuanto a la figura 25 se realizó, mediante el uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 25, se identificó elementos de cierto material plástico, para la muestra CA-05, en donde se evidenció la existencia de yoduro de perfluorododecilo con longitudes de onda de 2969.75cm^{-1} y 1212.43cm^{-1}

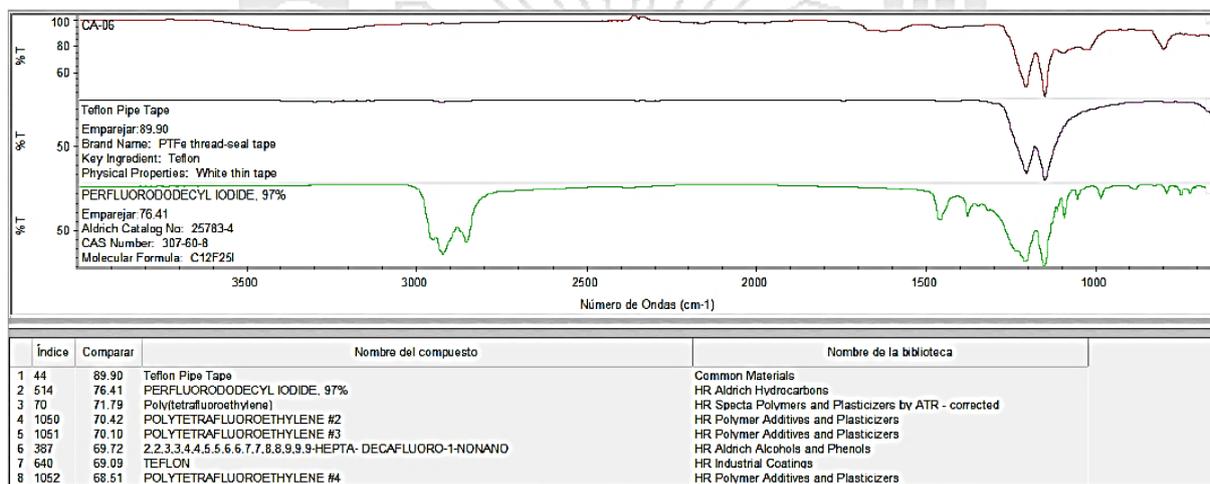


Figura 26. Análisis de microplásticos en el punto CA-06

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretacion: en cuanto a la figura 26 se hizo un analisis de mediante el uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar la presenica de microplasticos, de acuerdo a la figura 26, se observo elementos de cierto material plastico, para la muestra CA-06, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorododecilo con longitudes de onda de 1454.58 cm^{-1} y 1096.96 cm^{-1} .

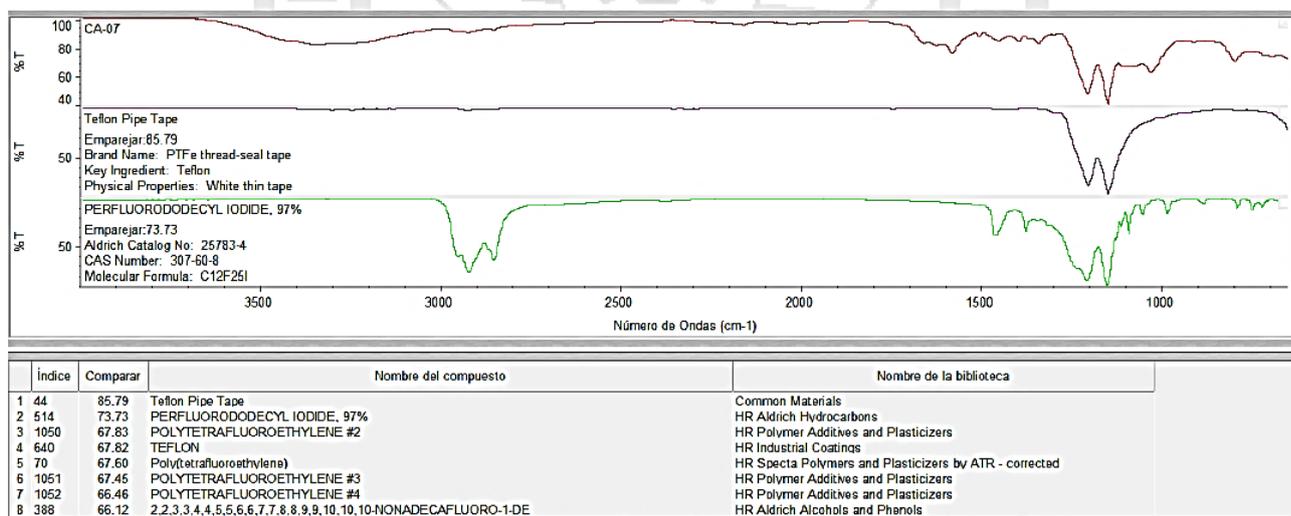


Figura 27. Análisis de microplásticos en el punto CA-07

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretacion: en cuanto a la figura 27 se hizo un analisis de mediante el uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar la presenica de microplasticos, de acuerdo a la figura 27, se observo elementos de cierto material plastico, para la muestra CA-07, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorododecilo con longitudes de onda de 2963.86 cm^{-1} y 1455.39 cm^{-1} .

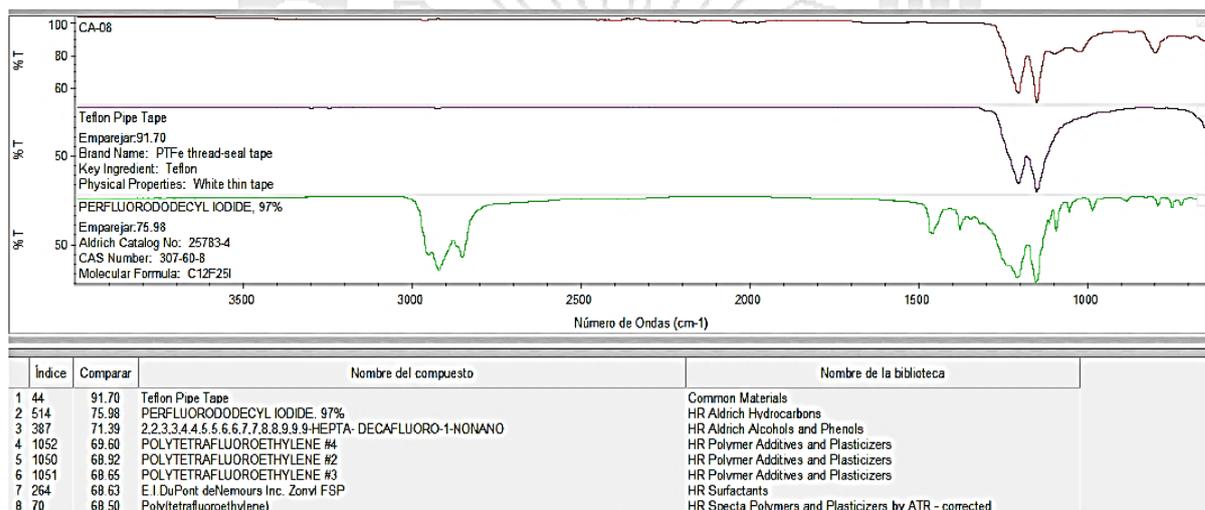


Figura 28. Análisis de microplásticos en el punto CA-08

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: en cuanto a la figura 28 se determinó, mediante el uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 28, se identificó elementos de cierto material plástico, para la muestra CA-08, en donde se evidenció la existencia de Yoduro de perfluorododecilo, longitudes de onda de 2966.60 cm^{-1} y 1412.59 cm^{-1}

1

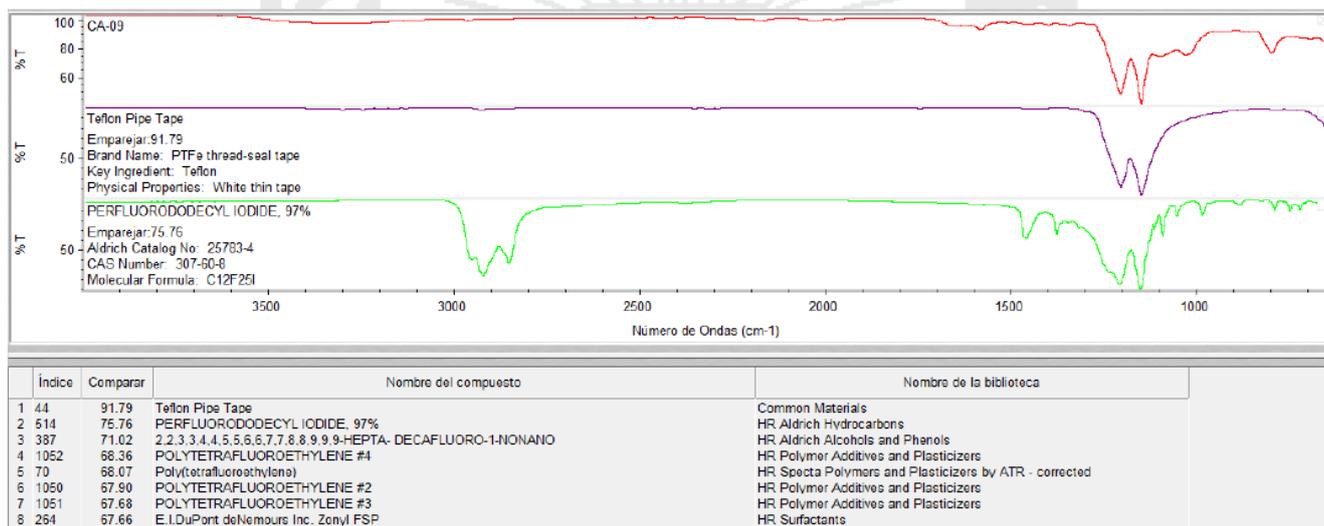


Figura 29. Análisis de microplásticos en el punto CA-09

Fuente: Elaboración propia, 2022

Interpretación: en cuanto a la figura 29 se hizo un análisis de mediante el uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 29, se observó elementos de cierto material plástico, para la muestra CA-09, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorododecilo con longitudes de onda de 1149.09 cm^{-1} y 1103.52 cm^{-1}

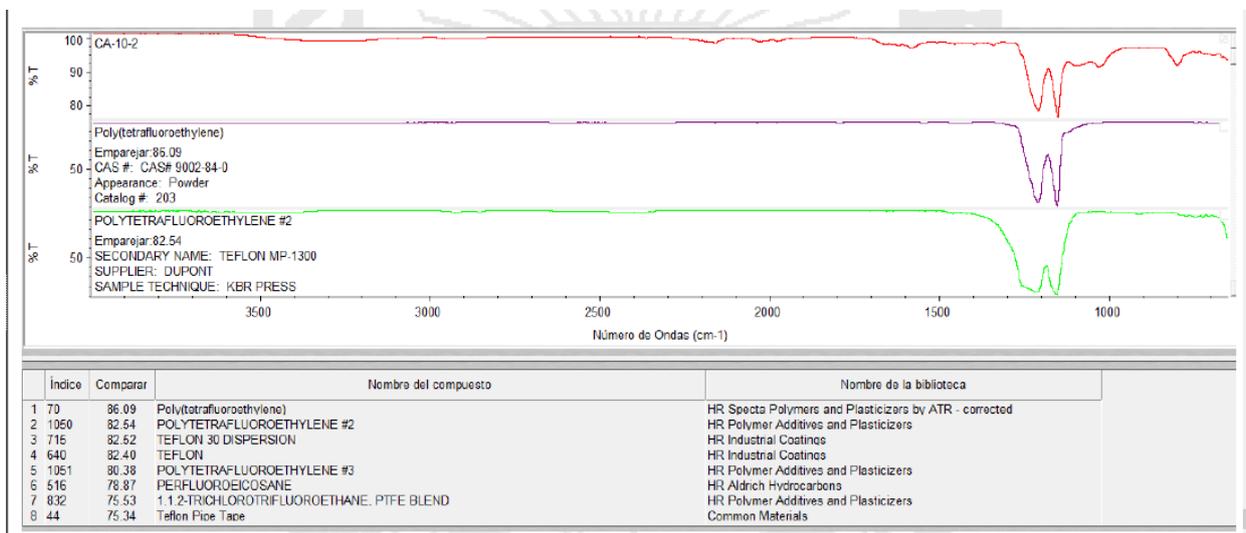


Figura 30. Análisis de microplásticos en el punto CA-10

Fuente: Elaboración propia, 2022

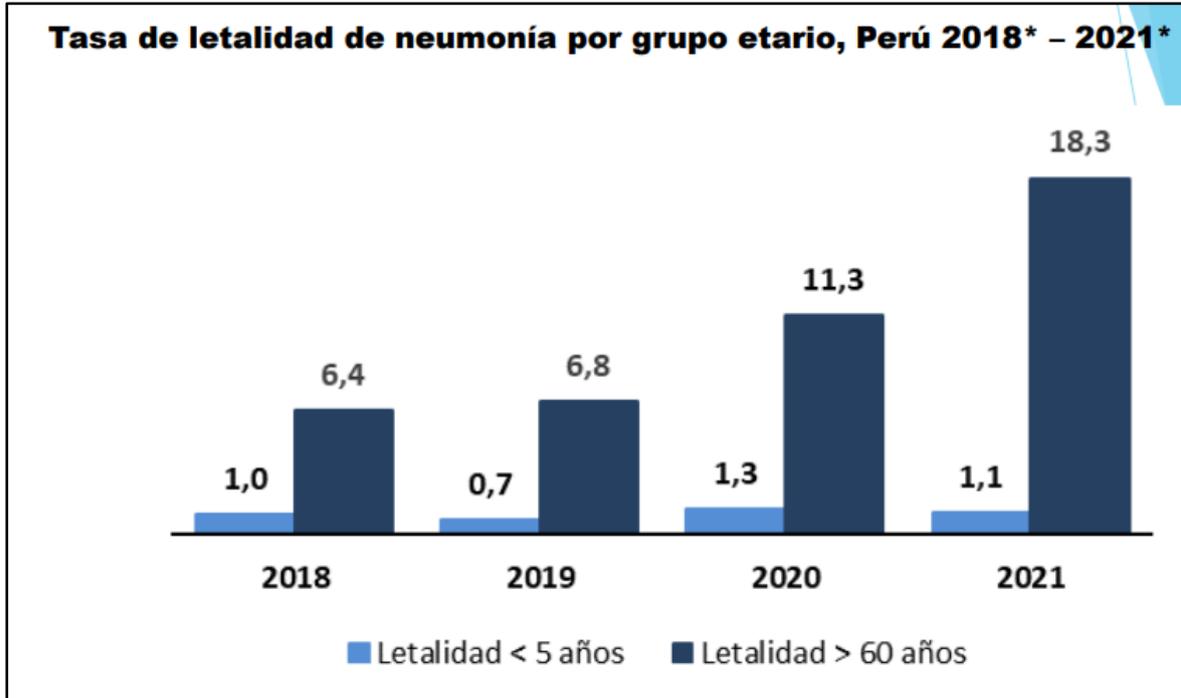
Interpretación: en cuanto a la figura 30 se determinó, mediante el uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar la presencia de microplásticos, de acuerdo a la figura 30, se identificó elementos de cierto material plástico, para la muestra CA-10, se identificó elementos de cierto material plástico como politetrafluoroetileno que podría suponerse expuestos en los picos del filtro de teflon, para la muestra CA-10, por lo tanto la falta de datos no permite identificar elementos de cierto material plástico, para la muestra estudiada.

V. DISCUSIÓN

OE1: Los valores encontrados durante el monitoreo de la calidad de aire del distrito de morales en los 10 puntos de monitoreo se muestra valor máximo de 123 ug/m^3 en el CA-10 y valor mínimo de 71 ug/m^3 en el CA-07, valores que SOBREPASAN según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (2020) que establece concentración permitido de 15 ug/m^3 , del mismo modo (Sicilianoa, et al.,2020) monitoreó el $\text{PM}_{2.5}$ en Brasil y reportó un valor máximo de 60 mg/m^3 evaluados en 24 horas, superior a la referencia OMS (10 ug/m^3 -anual y 25 ug/m^3 -24 horas). Por otro lado, un Informe de la OMS, (2019), indica que la contaminación del aire es una de las 10 amenazas principales de salud mundial, La exposición a partículas materia (PM) se asocia con la carga mundial de enfermedades y mortalidad no accidental (Burnett et al., 2018). Por su parte, el Instituto de Efectos de la Salud (2020), menciona que la contaminación ambiental por $\text{PM}_{2.5}$ representa el 62 % de todas las muertes atribuibles a la contaminación del aire y el 55 % de los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) perdidos, es decir, 4.14 (intervalo de incertidumbre [UI] del 95 %: 2.50–3.36) millones de muertes y 118 (95% IU: 95.9–138) millones de AVAD, de tal modo, por todo lo expuesto se evidencia de que el material particulado $\text{PM}_{2.5}$ encontrado en los puntos evaluados del distrito de Morales muestran valores significativos que sobrepasan de acuerdo a la concentración establecido por la OMS(2020) por lo que se deduce que la calidad del aire es mala y que ninguno de los puntos cumple con los medios para proteger la salud ya que afecta a la población vulnerable, ya que al identificar la mala calidad del aire la población está expuesto a enfermedades agudas y crónicas como enfermedades pulmonares, cardiovasculares, cáncer, Neumonía, Bronquiolitis y asma, tal y como se evidenció en la ciudad de México Matus y Oyarzun (2019). El Perú tiene una baja calidad atmosférica en América Latina, así, nuestro país se sitúa en el lugar 26 (con $29.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) de 117, esta Chile en el lugar 40 ($21.7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), México en el 51 ($19.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), Colombia 72 ($14.1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), Brasil 75 ($13.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), entre otros. Para la elaboración del estudio de IQAir se evaluó el nivel de calidad del aire en 6,475 ciudades y 117 países de todo el mundo a través de la existencia de materia particulada o $\text{PM}_{2.5}$ de acuerdo con el estudio World Air Quality report (2021). En el Perú las enfermedades más comunes por contaminación del aire son

el asma, bronquitis, cáncer de pulmón, las Infecciones respiratorias Agudas (IRAS), neumonía, normalmente estas enfermedades indican que la tasa de letalidad afecta a personas < 05 años y >60 años según el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y control de enfermedades del Minsa (2021) (Figura 31)

Figura 31. Tasa de letalidad de neumonía por grupo etario, Perú 2018-2021



Fuente: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y control de enfermedades del Minsa (2021)

Dentro del distrito de Morales se encontró la tasa de enfermedades respiratorias

respecto al Material Particulado PM_{2.5} el centro de salud de Morales (Figura 32)

Figura 32. Tasa de enfermedades respiratorias por Material Particulado PM_{2.5} en el centro de salud de Morales

| Enfermedad | Sexo | Total | Edad | | | | |
|---|-------|-------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | | | 0 - 11 años | 12 - 17 años | 18 - 29 años | 30 - 59 años | 60 a más |
| ASMA NO ESPECIFICADO. ASMA DE APARICION TARDIA. BRONQUITIS ASMÁTICA/SOB SIBILANCIA, HIP | M | 8 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | F | 33 | 5 | 2 | - | 11 | 15 |
| | Total | 41 | 7 | 4 | 1 | 13 | 16 |
| BRONQUITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA | M | 11 | 10 | 1 | - | - | - |
| | F | 12 | 8 | 1 | 1 | - | 2 |
| | Total | 23 | 18 | 2 | 1 | - | 2 |
| BRONQUITIS, NO ESPECIFICADA COMO AGUDA O CRONICA | M | 6 | - | - | 1 | 1 | 4 |
| | F | 10 | - | - | 1 | 4 | 5 |
| | Total | 16 | - | - | 2 | 5 | 9 |
| DERMATITIS, NO ESPECIFICADA | M | 7 | 5 | 1 | - | - | 1 |
| | F | 8 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | Total | 15 | 6 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| DERMATITIS ALERGICA DE CONTACTO, DE CAUSA NO ESPECIFICADA | M | 4 | 2 | 1 | - | - | 1 |
| | F | 5 | 1 | - | 2 | 1 | 1 |
| | Total | 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| INFECCION AGUDA DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES, NO ESPECIFICADA | M | 3 | 2 | - | - | - | 1 |
| | F | 2 | - | - | 1 | - | 1 |
| | Total | 5 | 2 | - | 1 | - | 2 |
| BRONQUITIS AGUDA DEBIDA A VIRUS ECHO | M | 1 | 1 | - | - | - | - |
| | F | - | - | - | - | - | - |
| | Total | 1 | 1 | - | - | - | - |
| BRONQUIOLITIS SIN ESPECIFICAR, BRONQUIOLITIS AGUDA | M | 1 | 1 | - | - | - | - |
| | F | - | - | - | - | - | - |
| | Total | 1 | 1 | - | - | - | - |
| ENFERMEDAD CRONICA DE LAS AMIGDALAS Y DE LAS ADENOIDES, NO ESPECIFICADA | M | 1 | 1 | - | - | - | - |
| | F | - | - | - | - | - | - |
| | Total | 1 | 1 | - | - | - | - |
| ASMA NO ALERGICA. | M | - | - | - | - | - | - |
| | F | 1 | - | 1 | - | - | - |
| | Total | 1 | - | 1 | - | - | - |
| ASMA MIXTA | M | 1 | - | - | 1 | - | - |
| | F | - | - | - | - | - | - |
| | Total | 1 | - | - | 1 | - | - |
| OTRAS ENFERMEDADES PULMONARES INTERSTICIALES CON FIBROSIS | M | 1 | - | - | - | - | 1 |
| | F | - | - | - | - | - | - |
| | Total | 1 | - | - | - | - | 1 |
| ENFERMEDAD PULMONAR INTERSTICIAL, NO ESPECIFICADA | M | - | - | - | - | - | - |
| | F | 1 | - | - | - | 1 | - |
| | Total | 1 | - | - | - | 1 | - |

Fuente: Centro de Salud de Morales (2020)

OE2:, Analizar la influencia de las concentraciones de particulado 2.5, frente a la normativa nacional, en este caso mencionamos a las normativas de INCA y ECA de aire, en el cual indicamos que las concentraciones de los 10 puntos de monitoreo del distrito de Morales sobrepasan los valores de acuerdo al ECA de aire DS-N° 003-2017-MINAM con valor de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de 24 horas, los valores de nuestro monitoreo representan concentraciones de 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el CA-07 hasta 123.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en CA-10, es por ello que mencionamos a (Ren et al 2020) en el cual indica que la exposición a $\text{PM}_{2.5}$ aumentaría la susceptibilidad pulmonar, a pesar de una recuperación gradual de la lesión pulmonar después del cese de la exposición a $\text{PM}_{2.5}$ demostrando que el $\text{PM}_{2.5}$ puede inhalarse fácilmente y depositarse en la tráquea, los bronquios e incluso los alvéolos, lo que produce efectos adversos en el sistema y la función respiratorios, por su parte, Correa (2020), midió el $\text{PM}_{2.5}$ en 3 ciudades del Perú (Tarapoto, Lima y Juliaca), demostrando que la ciudad de Tarapoto tiene una concentración de 30.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$, Juliaca una concentración de 19.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y Lima con un valor de 14.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valores que no superaron el (ECA) con (50 $\mu\text{g}.\text{m}^3$); ante lo expuesto y con los resultados encontrados en la investigación sabemos que la calidad del aire es mala en las zonas de muestreo y es malo para la salud ya que las partículas que ingresan por la nariz o la boca se asientan en el tracto respiratorio afectando las vías respiratorias.

Respecto a los resultados de acuerdo al INCA con RM-N° 181-2016-MINAM encontramos valores que sobrepasan a la normativa valor que es aceptable en 0 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en los monitoreos respectivos (CA-01, CA-02, CA-03, CA-04, CA-05, CA-06, CA-07, CA-08, CA-09, CA-10) se muestran valores de 345.6; 476.4; 301.2; 288; 312; 412; 284; 424; 396; 493.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, indicando que el índice de calidad del aire en el distrito de Morales es muy mala ya que supera las concentraciones del rango establecido de $>125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según el INCA, se encuentra en color marrón (Umbral de cuidado) indicando que las concentraciones del contaminante afectan la salud de la población vulnerable. Por su parte, Tejada (2018) en su investigación, evaluó la calidad del aire del barrio huayco en Tarapoto la evaluación lo realizó en 2 puntos de monitoreo, en un periodo de 1 semana en el

mes de abril, obteniendo como resultado la calidad del aire MUY MALA según el índice de calidad de aire (INCA) en el primer punto de monitoreo, y MALA en el segundo punto de monitoreo.

Concerniente al Índice de calidad de aire (AQI) nos ayudó a identificar el grado de contaminación atmosférica con respecto a la amenaza para la salud del distrito de morales, los resultados obtenidos en las estaciones de CA-01, CA-02, CA-03, CA-04, CA-05, CA-06, CA-07, CA-08, CA-09, CA-10, tuvieron valores de 360, 496.3, 313.8, 300, 325, 429.2, 295.8, 441.7, 412.5 y 514.2 ug/m³ respectivamente, lo cual indica que la contaminación con respecto a la salud se encuentra dentro del sexto rango de categoría PELIGROSO con concentraciones superiores a 250.5 ug/m³, el cual significa un alto riesgo de experimentar fuertes irritaciones y efectos adversos para la salud, y que todos deben evitar las actividades al aire libre, como se indica en el siguiente cuadro que pertenece concentraciones límite de contaminantes del aire según la EPA de EE. UU (Tabla)

Tabla 19. Concentraciones de límites de contaminantes de aire según EPA de EE.UU

| Rango de puntuación del AQI | Categoría AQI | PM2.5 (µg / m ³) | Riesgos de salud |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|---|
| 0-50 | Bueno | 0-12.0 | La calidad del aire es satisfactoria y presenta poco o ningún riesgo. |
| 51-100 | Moderado | 12.1-35.4 | Las personas sensibles deben evitar la actividad al aire libre. |
| 101-150 | Insalubre para grupos sensibles | 35.5-55.4 | El público en general y las personas sensibles en particular corren el riesgo de sufrir irritación y problemas respiratorios. |
| 151-200 | Insalubre | 55.5-150.4 | Mayor probabilidad de efectos adversos y agravamiento del corazón y los pulmones entre el público en general. |
| 201-300 | Muy insalubre | 150.5-250.4 | El público en general se verá notablemente afectado. Los grupos sensibles deben restringir las actividades al aire libre. |
| 301+ | Peligroso | 250.5+ | El público en general tiene un alto riesgo de experimentar fuertes irritaciones y efectos adversos para la salud. Todos deben evitar las actividades al aire libre. |

Fuente: Huang, (2022).

Mientras tanto, Janarthanan et al., (2021) en su investigación evaluaron la calidad del aire de la India en 240 ciudades con 342 estaciones de monitoreo. El índice de calidad del aire (AQI) se ha clasificado en diferentes grupos, para predecir el AQI en la ciudad de Chennai, se recopiló el conjunto de datos y luego se procesó para reemplazar los valores faltantes y eliminar los datos redundantes, registrando que el conjunto de datos original muestra en color rojo para el $PM_{2.5}$ versus el valor del índice AQI, lo cual indica que la calidad del aire es INSALUBRE y que la población está expuesto a tener efectos adversos y agravación del corazón y los pulmones entre la población en general.

Analizar el Impacto del Material Particulado 2.5 en la calidad atmosférica del Distrito de Morales-Provincia de San Martín-2022, se indica que se evaluó los parámetros meteorológicos de Temperatura, Humedad relativa, Velocidad del viento y Dirección de viento para así poder comprobar la presencia de $PM_{2.5}$ en cada punto de monitoreo, Sahu (2019) investigó en Sambalpur, a $PM_{2.5}$ evidenciando valores de 36.38 a 64.00 $\mu g / m^3$) indicando que está por encima del límite permisible anual fijado por el CPCB. donde, mientras tanto Foley et al., (2018), en su investigación monitoreo los parámetros meteorológicos donde la Temperatura presenta valores variados entre 26.3 °C a 27 °C; para Humedad relativa de 58.3 % a 71.2 %; respecto a la Velocidad del viento desde 0.5 m/s a 4.5 m/s con promedio de dirección de viento desde 22.5 grados a 247.5 grados, en el cual la rosa de viento jugaron un papel en la dispersión y dilución de los contaminantes, además de verse favorecidos por la topografía y las actividades antrópicas de la zona en donde la temperatura media del aire más alta se registró el mes de abril (26.4 °C) y mayo (26.2 °C) y la más baja fue de (21.5 °C) existiendo una correlación positiva específica entre la temperatura y la velocidad del viento en nuestro análisis refuerza este hecho ($r=+0.338$, $p<0.05$). La calidad del aire del área osciló de una contaminación atmosférica ligera a una contaminación atmosférica moderada, que se atribuye principalmente a las partículas ($PM_{2.5}$) mientras tanto al analizar la presencia de microplásticos, para la muestra CA-01, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorodecilo con longitudes de onda de 3343.58 cm^{-1} y 2966.80 cm^{-1} , para la muestra CA-02, no se identificó elementos de cierto material plástico, en la muestra CA-03, no se observó elementos de cierto material plástico,

para la muestra CA-04, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorodecilo con longitudes de onda de 1204.42 cm^{-1} y 1095.91 cm^{-1} , para la muestra CA-05, en donde se evidenció la existencia de yoduro de perfluorodecilo con longitudes de onda de 2969.75 cm^{-1} y 1212.43 cm^{-1} , en la muestra CA-06, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorodecilo con longitudes de onda de 1554.58 cm^{-1} y 1096.96 cm^{-1} , en la muestra CA-07, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorodecilo con longitudes de onda de 2963.86 cm^{-1} y 1455.39 cm^{-1} , para la muestra CA-08, en donde se evidenció la existencia de Yoduro de perfluorodecilo, longitudes de onda de 2966.60 cm^{-1} y 1412.59 cm^{-1} mientras tanto en la muestra CA-09, se evidenció la existencia de yoduro de perfluorodecilo con longitudes de onda de 1149.09 cm^{-1} y 1103.52 cm^{-1} , finalmente para la muestra CA-10, no se evidenció la existencia de materiales plásticos, por su parte, Yao (2022), exploró las distribuciones, composiciones y morfología de los microplásticos en el aire interior y ambiente en Nueva Jersey, Estados Unidos, las fibras microplásticas, películas y fragmentos de Poliestireno (PS), Polietileno tereftalato (PET), Policloruro de vinilo (PVC), Polietileno (PE), y Polipropileno (PP con texturas similares pero diferentes tamaños se identificaron tanto en la deposición atmosférica total como en las muestras de partículas ($\text{PM}_{2.5}$), por lo tanto estos resultados revelan las propiedades de los microplásticos transportados por el aire en entornos urbanos son importantes para comprender su destino, transporte y riesgos potenciales para la salud, Las partículas ($\text{PM}_{2.5}$) y los microplásticos podrían actuar como portadores de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) que pueden aumentar el riesgo potencial de cáncer (Akhbarizadeh et al., 2021).

VI. CONCLUSIONES

OE1: La concentración de Material Particulado $PM_{2.5}$ en los 10 puntos de monitoreo del distrito de Morales, identificándose partículas plásticas y distintos componentes presente en el ambiente, concerniente al parámetro $PM_{2.5}$ que se analizó en los 10 puntos de monitoreo, comparándolo con la normativa Internacional de la OMS que tiene un valor de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria, los valores finales obtenidos superan los límites establecidos, teniendo como valor máximo al punto CA-10 (Mercado Santa Anita) con un valor de $123.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y valor mínimo de $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondiente al punto CA-07 (Exterior de UNSM).

OE2: La comparación entre los resultados finales de $PM_{2.5}$ con los Estándares de Calidad (ECA) que presentan un valor total de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se demostraron que los 10 puntos de monitoreo superan los valores establecidos según los estándares nacionales, mientras tanto según el Índice de Calidad del Aire (INCA) muestran valores máximos en la estación CA-10 con valor de $493.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y con valor mínimo en el punto en el punto CA-04 con concentración de $288 \mu\text{g}/\text{m}^3$, entonces se concluye que el aire respirable del distrito de Morales está dentro del Umbral de Cuidado ya que las concentraciones de contaminantes afectan la salud de todos y pueden tener serias implicaciones para la población vulnerable.

Al evaluar los parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y dirección del viento sus valores variaron de acuerdo al factor climático, además de que a mayor fuerza del viento las concentraciones de $PM_{2.5}$ pueden variar ya que el viento arrastra partículas en suspensión de tal modo influye en las concentraciones de las muestras, además, para el análisis de Material Particulado se utilizó el método de Microscopia Electrónica de Barrido con una escala de 500x, 1500x, 5000x, lo cual fue un equipo eficiente para el análisis ya que se identificó las características que presentan, identificando óxido de aluminio, material vítreo, hierro, cobre particulado, concluyendo que el microplástico con mayor abundancia fue el Perfluorododecil Yoduro, siendo un contaminante poco común.

VII. RECOMENDACIONES

A los futuros investigadores recomendarles realizar un estudio más complejo de Material Particulado, incluyendo quizás toda la ciudad de Tarapoto para poder tener una base de datos más amplia y concreta sobre este parámetro y poder saber en qué condiciones se encuentra la calidad del aire ya que la ciudad tiene una expansión demográfica muy acelerada y las diferentes actividades que generan pueden llegar a influenciar en la generación de Material Particulado.

Los tres niveles de gobierno nacional, regional y local deben realizar monitoreos mensuales para conocer las condiciones a las que se expone la población que se encuentran de alguna forma en contacto con estos contaminantes que son nocivos para el ser humano, ya que a corto o largo plazo puede ser perjudicial para la salud humana, ya que estos contaminantes muchas veces sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS).

Finalmente, viendo la influencia del distrito y la alta población que este presenta, a los municipios recomendamos implementar programas de sensibilización y planes de mitigación para la disminución de las partículas en suspensión que en un tiempo determinado puede generar enfermedades crónicas no solo a la población vulnerable sino también a personas de bajo riesgo.

REFERENCIAS

1. AKHBARIZADEH, Razegheh et al. Suspended fine particulate matter (PM_{2.5}), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: Their possible relationships and health implications [En línea] Environmental Research – volumen 192, January 2021 [Fecha de consulta: 04 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110339>
2. SRIDHARAN, Srinidhi et al. Microplastics as an emerging source of particulate air pollution: A critical review [En línea] Journal of Hazardous Materials -Volume 418, 15 September 2021 [Fecha de consulta: 04 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126245>
3. WRIGHT, Stephanie et al. Development of screening criteria for microplastic particles in air and atmospheric deposition: critical review and applicability towards assessing human exposure [En línea] Microplastics and Nanoplastics - volumen 1, 17 April 2021 [Fecha de consulta: 04 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s43591-021-00006-y>
4. LIU, Chunguang et al. Widespread distribution of PET and PC microplastics in dust in urban China and their estimated human exposure [En línea] Environment International- Volumen 128, July 2019 [Fecha de consulta: 04 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.024>
5. OROUMIYEH Farzan, ZHU Yifang. Brake and tire particles measured from on-road vehicles: Effects of vehicle mass and braking intensity [En línea] Atmospheric Environment: X- Volumen 12, December 2021 [Fecha de consulta: 07 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2021.100121>
6. KELLY Frank J, FUSSELL julia C, Toxicity of airborne particles—established evidence, knowledge gaps and emerging areas of importance [En línea] Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical, physical and engineering sciences- Volumen 378, 28 September 2020 [Fecha de consulta: 09 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0322>

7. N, Evangeliou et al. Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions [En línea] Nature Communications- Volumen 11, 14 July 2020 [Fecha de consulta: 09 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17201-9>
8. PROVENCHER, Jennifer F. et al. Proceed with caution: The need to raise the publication bar for microplastics research [En línea] Science of The Total Environment- Volumen 748, 15 December 2020 [Fecha de consulta: 15 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141426>
9. GASPERI, Johnny et al. Microplastics in air: Are we breathing it in? [En línea] Current Opinion in Environmental Science & Health- Volumen 1, February 2018 [Fecha de consulta: 15 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>
10. ZHANG, Yulan, et al. Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives [En línea] Earth-Science Reviews- Volumen 203, April 2020 [Fecha de consulta: 15 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
11. RUSHINGABIGWI, Gerard, et al Analysis of the atmospheric dust in Africa: The breathable dust's fine particulate matter PM2.5 in correlation with carbon monoxide [En línea] Atmospheric Environment- Volumen 224, 1 March 2020 [Fecha de consulta: 21 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117319>
12. LIANG, Lu Calibrating low-cost sensors for ambient air monitoring: Techniques, trends, and challenges [En línea] Environmental Research- Volumen 197, June 2021 [Fecha de consulta: 21 de enero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111163>

13. WRIGHT, S.L Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport [En línea] Environment International- Volumen 136, March 2020 [Fecha de consulta: 03 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105411>
14. PRATA, Joana C, et al The importance of contamination control in airborne fibers and microplastic sampling: Experiences from indoor and outdoor air sampling in Aveiro, Portugal [En línea] Marine Pollution Bulletin- Volumen 159, October 2020 [Fecha de consulta: 04 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111522>
15. EBRAHIMI, Pooria, et al Investigating impact of physicochemical properties of microplastics on human health: A short bibliometric analysis and review [En línea] Chemosphere- Volumen 289, February 2022 [Fecha de consulta: 07 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133146>
16. YE, Yongkai, et al The development and application of advanced analytical methods in microplastics contamination detection: A critical review [En línea] Science of The Total Environment- Volumen 818, 20 April 2022 2022 [Fecha de consulta: 15 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151851>
17. YAO, Ying et al Characterization of microplastics in indoor and ambient air in northern New Jersey [En línea] Environmental Research- Volumen 207, 1 May 2022 [Fecha de consulta: 15 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112142>.
18. ABBASI, Sajjad et al Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran [En línea] Environmental Pollution- Volumen 244, January 2019 [Fecha de consulta: 17 de febrero del 2022] Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.039>

19. GASPARI, Johnny et al Microplastics in air: Are we breathing it in? [En línea] Current Opinion in Environmental Science & Health- Volumen 1, February 2018 [Fecha de consulta: 17 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>
20. BEAUREPAIRE, Max et al Microplastics in the atmospheric compartment: a comprehensive review on methods, results on their occurrence and determining factors [En línea] Current Opinion in Food Science- Volumen 41, October 21 [Fecha de consulta: 17 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.010>.
21. DAIBER, Andreas et al Effects of air pollution particles (ultrafine and fine particulate matter) on mitochondrial function and oxidative stress – Implications for cardiovascular and neurodegenerative diseases [En línea] Archives of Biochemistry and Biophysics- Volumen 696, 15 December 2020 [Fecha de consulta: 17 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108662>
22. HUANG, Yumei et al Mini-review on current studies of airborne microplastics: Analytical methods, occurrence, sources, fate and potential risk to human beings [En línea] TrAC Trends in Analytical Chemistry- Volumen 125, April 2020 [Fecha de consulta: 20 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115821>
23. CORREIA PRATA, Joana Airborne microplastics: Consequences to human health? [En línea] Environmental Pollution- Volumen 234, March 2018 [Fecha de consulta: 20 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043>

24. FAN, Chihhao et al Microplastic constituent identification from admixtures by Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy: The use of polyethylene terephthalate (PET), polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC) and nylon (NY) as the model constituents [En línea] Environmental Technology & Innovation, Volumen 23, August 2021 [Fecha de consulta: 20 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101798>
25. STOCKIN, Karen A. et al Fourier transform infrared (FTIR) analysis identifies microplastics in stranded common dolphins (*Delphinus delphis*) from New Zealand Waters [En línea] Marine Pollution Bulletin, Volumen 173, December 2021, [Fecha de consulta: 20 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113084>
26. HOPKE, Philip K. et al Global review of recent source apportionments for airborne particulate matter [En línea] Science of The Total Environment, Volumen 740, 20 October 2020 [Fecha de consulta: 22 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140091>
27. LIAO, Zhonglu et al Airborne microplastics in indoor and outdoor environments of a coastal city in Eastern China [En línea] Journal of Hazardous Materials, Volumen 417, 05 september 2021 [Fecha de consulta: 22 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126007>
28. AKDOGAN Zeynep, GUVEN Basak, Microplastics in the environment: A critical review of current understanding and identification of future research needs [En línea] Environmental Pollution, Volumen 254, November 2019 [Fecha de consulta: 22 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113011>

29. CORREIA PRATA, Joana et al. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects [En línea] *Science of The Total Environment*, Volumen 702, 1 February 2020 [Fecha de consulta: 25 de febrero del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>
30. RAHMAN, Arifur et al. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, 757, 143872. ISSN 0048-9697 [consultado el 26 de febrero de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143872
31. URRUTIKOETXEA-GUTIÉRREZ, Mikel et al. Ultra-fast direct method for identifying microorganisms from BACTEC lytic/10 anaerobic/F flasks. *Future Microbiology* [en línea]. 2021, 16(18), 1381–1387. ISSN 1746-0921 [consultado el 26 de febrero de 2022]. Disponible en: doi:10.2217/fmb-2021-0059
32. RAHMAN, Luna et al. Microplastics and nanoplastics science: collecting and characterizing airborne microplastics in fine particulate matter. *Nanotoxicology* [en línea]. 2021, 15(9), 1253–1278. ISSN 1743-5404 [consultado el 26 de febrero de 2022]. Disponible en: doi:10.1080/17435390.2021.2018065
33. PEÑALVER, Rosa et al. Assessing the level of airborne polystyrene microplastics using thermogravimetry-mass spectrometry: Results for an agricultural area. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, 787, 147656. ISSN 0048-9697 [consultado el 26 de febrero de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147656
34. HABIBI, Nazima et al. Microplastics in the atmosphere: a review. *Journal of Environmental Exposure Assessment* [en línea]. 2022 [consultado el 26 de febrero de 2022]. Disponible en: doi:10.20517/jeea.2021.07

35. XIE, Yichun et al. Inhalable microplastics prevails in air: Exploring the size detection limit. *Environment International* [en línea]. 2022, 162, 107151. ISSN 0160-4120 [consultado el 26 de febrero de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.envint.2022.107151
36. UDDIN, Saif et al. A Preliminary Assessment of Size-Fractionated Microplastics in Indoor Aerosol—Kuwait's Baseline. *Toxics* [en línea]. 2022, 10(2), 71. ISSN 2305-6304 [consultado el 28 de febrero de 2022]. Disponible en: doi:10.3390/toxics10020071
37. SU, Lei et al. Temporal and spatial variations of microplastics in roadside dust from rural and urban Victoria, Australia: Implications for diffuse pollution. *Chemosphere* [en línea]. 2020, 252, 126567. ISSN 0045-6535 [consultado el 28 de febrero de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.126567
38. TORRES-AGULLO, A. et al. Overview on the occurrence of microplastics in air and implications from the use of face masks during the COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, 800, 149555. ISSN 0048-9697 [consultado el 28 de febrero de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149555
39. HU, Kunsheng et al. Emerging microplastics in the environment: Properties, distributions, and impacts. *Chemosphere* [en línea]. 2022, 297, 134118. ISSN 0045-6535 [consultado el 01 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.134118
40. LUO, Zhuanxi et al. Environmental occurrence, fate, impact, and potential solution of tire microplastics: Similarities and differences with tire wear particles. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, 795, 148902. ISSN 0048-9697 [consultado el 01 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148902

41. SZEWC, Karolina, Bożena GRACA y Anna DOŁĘGA. Atmospheric deposition of microplastics in the coastal zone: Characteristics and relationship with meteorological factors. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2020, 143272. ISSN 0048-9697 [consultado el 01 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143272
42. LIU, Kai et al. Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2019, 675, 462–471. ISSN 0048-9697 [consultado el 01 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.110
43. KOLE, Pieter Jan et al. Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2017, 14(10), 1265. ISSN 1660-4601 [consultado el 02 de marzo de 2022]. Disponible en: doi:10.3390/ijerph14101265
44. AMATO-LOURENÇO, Luís Fernando et al. Airborne microplastics and SARS-CoV-2 in total suspended particles in the area surrounding the largest medical centre in Latin America. *Environmental Pollution* [en línea]. 2022, 292, 118299. ISSN 0269-7491 [consultado el 02 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.envpol.2021.118299
45. LJUBIMOVA, Julia Y. et al. Coarse particulate matter (PM_{2.5-10}) in Los Angeles Basin air induces expression of inflammation and cancer biomarkers in rat brains. *Scientific Reports* [en línea]. 2018, 8(1). ISSN 2045-2322 [consultado el 02 de marzo de 2022]. Disponible en: doi:10.1038/s41598-018-23885-3
46. AMATO-LOURENÇO, Luís Fernando et al. An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health? *Science of The Total Environment* [en línea]. 2020, 749, 141676. ISSN 0048-9697 [consultado el 05 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141676

- 47.ABBASS, Rana Alaa, Prashant KUMAR y Ahmed EL-GENDY. Car users exposure to particulate matter and gaseous air pollutants in megacity Cairo. *Sustainable Cities and Society* [en línea]. 2020, 56, 102090. ISSN 2210-6707 [consultado el 05 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scs.2020.102090
- 48.CHEN, Guanglong et al. An overview of analytical methods for detecting microplastics in the atmosphere. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* [en línea]. 2020, 130, 115981. ISSN 0165-9936 [consultado el 05 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.trac.2020.115981
- 49.COOPER, Dawn M. y Matthew LOXHAM. Particulate matter and the airway epithelium: the special case of the underground? *European Respiratory Review* [en línea]. 2019, 28(153), 190066. ISSN 1600-0617 [consultado el 08 de marzo de 2022]. Disponible en: doi:10.1183/16000617.0066-2019
- 50.CHEN, Ying et al. Local characteristics of and exposure to fine particulate matter (PM_{2.5}) in four indian megacities. *Atmospheric Environment: X* [en línea]. 2020, 5, 100052. ISSN 2590-1621 [consultado el 15 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.aeaoa.2019.100052
- 51.GUO, Cui et al. Long-Term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) and Lung Function in Children, Adolescents, and Young Adults: A Longitudinal Cohort Study. *Environmental Health Perspectives* [en línea]. 2019, 127(12), 127008. ISSN 1552-9924 [consultado el 18 de marzo de 2022]. Disponible en: doi:10.1289/ehp5220
- 52.SARKODIE, Samuel Asumadu et al. Proximate determinants of particulate matter (PM_{2.5}) emission, mortality and life expectancy in Europe, Central Asia, Australia, Canada and the US. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2019, 683, 489–497. ISSN 0048-9697 [consultado el 18 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.278

53. ZHOU, Tianyu et al. Fine particulate matter (PM_{2.5}) aggravates apoptosis of cigarette-inflamed bronchial epithelium in vivo and vitro. *Environmental Pollution* [en línea]. 2019, 248, 1–9. ISSN 0269-7491 [consultado el 22 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.envpol.2018.11.054
54. SHAMSIPOUR, Mansour et al. National and sub-national exposure to ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) and its attributable burden of disease in Iran from 1990 to 2016. *Environmental Pollution* [en línea]. 2019, 255, 113173. ISSN 0269-7491 [consultado el 22 de marzo de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.envpol.2019.113173
55. SINGH, Vikas, Shweta SINGH y Akash BISWAL. Exceedances and trends of particulate matter (PM_{2.5}) in five Indian megacities. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, 750, 141461. ISSN 0048-9697 [consultado el 01 de abril de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141461
56. CHEN, Renjie et al. Associations between Coarse Particulate Matter Air Pollution and Cause-Specific Mortality: A Nationwide Analysis in 272 Chinese Cities. *Environmental Health Perspectives* [en línea]. 2019, 127(1), 017008. ISSN 1552-9924 [consultado el 04 de abril de 2022]. Disponible en: doi:10.1289/ehp2711
57. WANG, Qiang et al. The impacts of urbanization on fine particulate matter (PM_{2.5}) concentrations: Empirical evidence from 135 countries worldwide. *Environmental Pollution* [en línea]. 2019, 247, 989–998. ISSN 0269-7491 [consultado el 11 de abril de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.envpol.2019.01.086
58. BAI, Yuntao y Qinghua SUN. Fine particulate matter air pollution and atherosclerosis: Mechanistic insights. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects* [en línea]. 2016, 1860(12), 2863–2868. ISSN 0304-4165 [consultado el 13 de abril de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.bbagen.2016.04.030

59. VELASQUEZ, R. M. Arias, Y. L. Romero RAMOS y J. NOEL. Citizen science approach for spatiotemporal modelling of air pollution quality and traffic in Lima, Peru. En: 2019 IEEE Sciences and Humanities International Research Conference (SHIRCON) [en línea]. IEEE, 2019. ISBN 9781728138183 [consultado el 20 de abril de 2022]. Disponible en: doi:10.1109/shircon48091.2019.9024879
60. Clean air for healthy lungs – an urgent call to action: European Respiratory Society position on the launch of the WHO 2021 Air Quality Guidelines. European Respiratory Society [en línea]. [sin fecha] [consultado el 27 de abril de 2022]. Disponible en: <https://erj.ersjournals.com/content/58/6/2102447>
61. SICILIANO, Bruno et al. The Updated Brazilian National Air Quality Standards: A Critical Review. Journal of the Brazilian Chemical Society [en línea]. 2020. ISSN 0103-5053 [consultado el 02 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.21577/0103-5053.20190212
62. SAHU, C. y S. K. SAHU. Ambient air quality and air pollution index of Sambalpur: a major town in Eastern India. International Journal of Environmental Science and Technology [en línea]. 2019, 16(12), 8217–8228. ISSN 1735-2630 [consultado el 05 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1007/s13762-019-02383-7
63. Xue T, Geng G, Meng X, Xiao Q, Zheng Y, Gong J, Liu J, Wan W, Zhang Q, Kan H, Zhang S and Zhu T (2022) New WHO global air quality guidelines help prevent premature deaths in China, National Science Review, 10.1093/nsr/nwac055.
64. Zaib, S.; Lu, J.; Bilal, M. Características espacio-temporales del índice de calidad del aire (ICA) en el noroeste de China. *Atmósfera* 2022, 13, 375. <https://doi.org/10.3390/atmos13030375>
65. HEIDARINEJAD, Zoha et al. Data on evaluation of AQI for different season in Kerman, Iran, 2015. Data in Brief [en línea]. 2018, 20, 1917–1923. ISSN 2352-3409 [consultado el 12 de junio de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.dib.2018.08.216.

66. Tan, X., Han, L., Zhang, X., Zhou, W., Li, W. y Qian, Y. (2021). A review of current air quality indexes and improvements under the multi-contaminant air pollution exposure. *Journal of Environmental Management*, 279, 111681. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111681>

ANEXOS

SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.



SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Dr. Juan Luis Ruiz Aguilar

Yo, Rodrigo David Colichón Carranza y Alexis Torres del Aguila identificado con DNI N.º 71478779 y N.º 74289838 alumnos(a) de la Universidad Cesar Vallejo de la Facultad Ingenierías y Arquitectura de la escuela de Ingeniería Ambiental, nos presentamos ante usted con el debido respeto, nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales-Provincia de San Martín- 20022 ", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto el siguiente documento:

- Cadena de Custodia
- Fichas de Campo

Por tanto:

A usted, rogamos acceder a nuestra petición.

Tarapoto, 11 de Marzo del 2022.



Rodrigo David Colichón Carranza
DNI: 71478779



Alexis Torres del Aguila
DNI: 74289838

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Dr. Andi Lozano Chung

Yo, Rodrigo David Colichón Carranza y Alexis Torres del Aguila identificado con DNI N.º 71478779 y N.º 74289838 alumnos(a) de la Universidad Cesar Vallejo de la Facultad Ingenierías y Arquitectura de la escuela de Ingeniería Ambiental, nos presentamos ante usted con el debido respeto, nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales-Provincia de San Martín- 20022 ", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto el siguiente documento:

- Cadena de Custodia
- Fichas de Campo

Por tanto:

A usted, rogamos acceder a nuestra petición.

Tarapoto, 11 de Marzo del 2022.



Rodrigo David Colichón Carranza
DNI: 71478779



Alexis Torres del Aguila
DNI: 74289838

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Ing. Eugenio Herrera Gonzales

Yo, Rodrigo David Colichón Carranza y Alexis Torres del Aguila identificado con DNI N.º 71478779 y N.º 74289838 alumnos(a) de la Universidad Cesar Vallejo de la Facultad Ingenierías y Arquitectura de la escuela de Ingeniería Ambiental, nos presentamos ante usted con el debido respeto, nos presentamos y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales-Provincia de San Martín- 20022 ", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto el siguiente documento:

- Cadena de Custodia
- Fichas de Campo

Por tanto:

A usted, rogamos acceder a nuestra petición.

Tarapoto, 11 de Marzo del 2022.



Rodrigo David Colichón Carranza
DNI: 71478779



Alexis Torres del Aguila
DNI: 74289838

Cadena de Custodia



CADENA DE CUSTODIA PARA MUESTRA DE CALIDAD DEL AIRE

Calle Agustín Gamarra N° 267 Urbanización Miramar - San Miguel - Lima Teléfono: 01-2589189
 comercial@labsolution.com.pe / info@labsolution.com.pe

FG-09E-01
 PG-09E-13
 Página 1 de 1

IE N°: _____

HOJA:de.....

| | | | |
|-----------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| CLIENTE: | PROYECTO: | MUESTREO POR: (Marcar con "X") | FRECUENCIA DE: (Marcar con "X") |
| DIRECCIÓN: | PERSONA DE CONTACTO: | L&L <input type="checkbox"/> | PERIODICO <input type="checkbox"/> |
| LUGAR DE PROCEDENCIA: | E-MAIL / TELEFONO: | CLIENTE <input type="checkbox"/> | NO PERIODICO <input type="checkbox"/> |
| | | N° O.S.: _____ | |
| | | N° PLAN DE MUESTREO: _____ | |

| ESTACION DE MUESTREO | FECHA Y HORA | | GEOREFERENCIA (UTM) | MATERIAL PARTICULADO | | | | | GASES ATMOSFÉRICOS CON SOLUCIONES CAPTADORAS | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------|---------------------|--|---|--------------------------------------|---|--|--|---|---|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| | FECHA Inicio (d/m/a) | FECHA Final (d/m/a) | | Parámetros | Marcar (X) | Código de Filtro | Flujo (L/min) | DH (pulg. H ₂ O) (HV) | | Parámetros | Fecha (d:m:a) | | Hora (24:00) | | Flujo (L/min) | |
| | HORA Inicio (24:00) | HORA Final (24:00) | | | | | | Inicial | Final | | Inicio | Final | Inicio | Final | Inicial | Final |
| | | | N: | PM10 HV | | | | | | | | | | | | |
| | | | E: | PM2.5 HV | | | | | | | | | | | | |
| | | | Altitud: | PTS | | | | | | | | | | | | |
| | | | Zona: | PM10 LV | | | | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | | | PM2.5 LV | | | | | | | | | | | | |
| | | | | METALES ICP MS: | | ANIONES: | | | | | | | | | | |
| | | | | METEOROLOGIA (Marcar "X") | Temperatura (°C) <input type="checkbox"/> | Humedad (%) <input type="checkbox"/> | Velocidad del Viento (m/s) <input type="checkbox"/> | Dirección del Viento (P.C.) <input type="checkbox"/> | | Presión (mbar) <input type="checkbox"/> | Radiación Solar / UV <input type="checkbox"/> | | | | | |
| ESTACION DE MUESTREO | FECHA Y HORA | | GEOREFERENCIA (UTM) | MATERIAL PARTICULADO | | | | | GASES ATMOSFÉRICOS CON SOLUCIONES CAPTADORAS | | | | | | | |
| | FECHA Inicio (d/m/a) | FECHA Final (d/m/a) | | Parámetros | Marcar (X) | Código de Filtro | Flujo (L/min) | DH (pulg. H ₂ O) (HV) | | Parámetros | Fecha (d:m:a) | | Hora (24:00) | | Flujo (L/min) | |
| | HORA Inicio (24:00) | HORA Final (24:00) | | | | | | Inicial | Final | | Inicio | Final | Inicio | Final | Inicial | Final |
| | | | N: | PM10 HV | | | | | | | | | | | | |
| | | | E: | PM2.5 HV | | | | | | | | | | | | |
| | | | Altitud: | PTS | | | | | | | | | | | | |
| | | | Zona: | PM10 LV | | | | | | | | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | | | PM2.5 LV | | | | | | | | | | | | |
| | | | | METALES ICP MS: | | ANIONES: | | | | | | | | | | |
| | | | | METEOROLOGIA (Marcar "X") | Temperatura (°C) <input type="checkbox"/> | Humedad (%) <input type="checkbox"/> | Velocidad del Viento (m/s) <input type="checkbox"/> | Dirección del Viento (P.C.) <input type="checkbox"/> | | Presión (mbar) <input type="checkbox"/> | Radiación Solar / UV <input type="checkbox"/> | | | | | |
| NOTA: PM 10: Material Particulado < 10 micras; LV: Low Vol (Bajo Volumen); PM 2,5: Material Particulado < 2,5 micras; HV: High Vol (Alto Volumen); PTS: Partículas Totales en Suspensión; DH (pulg. H ₂ O): Diferencial de presión. | | | | DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS EMPLEADOS | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | EQUIPOS | MARCA | MODELO | SERIE | CODIGO INTERNO | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RECEPCIÓN DE MUESTRAS | | | | CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (PARA USO DEL LABORATORIO): | | | | | | | | | | | | |
| Nombre: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: Hora: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Firma | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE DEL MUESTREO | | | | SUPERVISIÓN DEL MUESTREO | | | | RESPONSABLE DEL CLIENTE | | | | | | | | |
| Nombre: | | | | Nombre: | | | | Nombre: | | | | | | | | |

Juan Luis Ruiz Aguilar
 DOCTOR EN CIENCIAS PÚBLICAS Y GOBIERNO LOCAL

Dr. Agustín Gamarra
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP 100154

Ing. Eusebio Herrera
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100154

Ficha N° 1 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Fichas utilizadas para la validación de los instrumentos de recolección de datos

| | |
|--|---|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | |
| HOJA DE REGISTRO DE LA TESIS | |
| TITULO | Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales- Provincia de San Martín- 20022 |
| LINEA DE INVESTIGACION | Calidad y Gestión de Recursos Naturales |
| RESPONSABLES | Colichón Carranza Rodrigo David Torres del Aguila Alexis |
| ASESOR | Mg.Cabello Torres, Rita Jaqueline |

| | | | | | |
|---|------------|-----------------|------------|---------------------|------------|
| FICHA 1 DATOS DEL LUGAR DE ESTUDIO | | | | | |
| LUGAR | Morales | DISTRITO | Morales | DEPARTAMENTO | San Martín |
| PROVINCIA | San Martín | FECHA | 11/03/2020 | | |

Ing. Efraim Heredia Cortés
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 103124


 Juan Carlos Torres del Aguila
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 103124

| COORDENADAS UTM | | FOTO REFERENCIAL |
|-----------------|---------|--|
| N | S | |
| 344718 | 9284514 |  |
| 345903 | 9284100 | |
| 346356 | 9283975 | |
| 344737 | 9283619 | |
| 347888 | 9283535 | |
| 347800 | 9283311 | |
| 347647 | 9282980 | |
| 347271 | 9283207 | |
| 346788 | 9281949 | |
| 346330 | 9282415 | |

Ficha N°2 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES FIJAS

| | |
|--|---|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | |
| HOJA DE REGISTRO DE LA TESIS | |
| TITULO | Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales- Provincia de San Martín- 20022 |
| LINEA DE INVESTIGACION | Calidad y Gestión de Recursos Naturales |
| RESPONSABLES | Colichón Carranza Rodrigo David Torres del Aguila Alexis |
| ASESOR | Mg.Cabello Torres, Rita Jaqueline |


 Mg. FERNANDO HERRERA GODALLA
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 103164


 Juan Carlos Ruiz Aguilera
 Ingeniero Ambiental


 Juan Carlos Ruiz Aguilera
 Ingeniero Ambiental

| FICHA N°2 IDENTIFICACION DE FUENTES FIJAS | | | | |
|--|----------------|------------------|----------------------------|---------------|
| FUENTE | UBICACIÓN UTM | | RUBRO | OBSERVACIONES |
| | LATITUD | LONGITUD | | |
| CA-01 | 6° 28' 16.69"S | 76° 24' 12.46" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-02 | 6° 28' 29.22"S | 76° 23' 36.70" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-03 | 6° 28' 32.94"S | 76° 23' 22.42" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-04 | 6°28' 45.27"S | 76° 22' 59.99" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-05 | 6°28' 47.46"S | 76° 22' 34.02" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-06 | 6°28' 55.08"S | 76° 22' 35.02" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-07 | 6° 29' 5.84" S | 76° 22' 40.03" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-08 | 6° 28' 58.42"S | 76° 22' 52.25" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-09 | 6° 29' 39.33"S | 76° 23' 8.08" O | Calidad del aire PM 2.5 | |
| CA-10 | 6° 29' 24.12"S | 76° 23' 22.95" O | Calidad del aire PM 2.5 | |

Ficha N° 3 CALIDAD DE AIRE-HOJA DE DATOS-10 DÍAS –
PM2.5

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | |
| HOJA DE REGISTRO DE LA TESIS | |
| TITULO | Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales-Provincia de San Martín- 20022 |
| LINEA DE INVESTIGACION | Calidad y Gestión de Recursos Naturales |
| RESPONSABLES | Colichón Carranza Rodrigo David Torres del Aguila Alexis |
| ASESOR | Mg.Cabello Torres, Rita Jaqueline |

| FICHA N° CALIDAD DE AIRE- HOJA DE DATOS-10 DIAS-PM 2.5 | | | | | | |
|---|---|-----|-----------|---------------------|----------|---------------------------|
| Responsable | Colichón Carranza Rodrigo David, Torres del Aguila Alexis | | | | | |
| N° Semana | 2 | Mes | Marzo | Operador | Tesistas | Nombre/Numero de estación |
| Método de Muestreo y Análisis | Separación inercial/filtración (Gravimetría) | | Ubicación | Distrito de Morales | | |
| Equipo de Muestreo | PQ-200 | | | | | |
| Ultima calibración del equipo | 27/08/2021 | | | | | |


 Juan P. Llanos Pérez Aguilar
 DIRECTOR DE CALIDAD DEL AMBIENTE Y SALUD PÚBLICA


 Dr. A. Carranza
 C.V. 10014



 Ing. EUGENIO HERRERA GONCALVES
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100104

| Estaciones de Muestreo | 24 horas | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| CA-01 | 86.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | | | | | | |
| CA-02 | | 119.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | | | | | |
| CA-03 | | | 75.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | | | | |
| CA-04 | | | | 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | | | |
| CA-05 | | | | | 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | | |
| CA-06 | | | | | | 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | |
| CA-07 | | | | | | | 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | |
| CA-08 | | | | | | | | 106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | |
| CA-09 | | | | | | | | | 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
| CA-10 | | | | | | | | | | 123.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |


 Juan Luis Ruiz Aguilera
 DOCTOR EN INGENIERIA PUBLICA Y COMERCIAL


 Dr. A. J. ...
 INGENIERO


 Ingeniero Herrera Gonzalez
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100104

Ficha N° 4 CALIDAD DE AIRE- HOJA DE DATOS- 10
DÍAS- DIRECCIÓN DEL VIENTO

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | |
| HOJA DE REGISTRO DE LA TESIS | |
| TITULO | Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales-Provincia de San Martín- 20022 |
| LINEA DE INVESTIGACION | Calidad y Gestión de Recursos Naturales |
| RESPONSABLES | Colichón Carranza Rodrigo David Torres del Aguila Alexis |
| ASESOR | Mg.Cabello Torres, Rita Jaqueline |

| FICHA N°6 CALIDAD DE AIRE- HOJA DE DATOS-10 DIAS- Dirección de viento | | | | | | | |
|--|---|-----|-----------|---------------------|----------|---------------------------|----|
| Responsable | Colichón Carranza Rodrigo David, Torres del Aguila Alexis | | | | | | |
| N° Semana | 02 | Mes | Marzo | Operador | Tesistas | Nombre/Numero de estación | 10 |
| Método de Muestreo y Análisis | Meteorológico | | Ubicación | Distrito de Morales | | | |
| Equipo de Muestreo | FWS 20N | | | | | | |
| Ultima calibración del equipo | Agosto del 2021 | | | | | | |


 Juan Luis Ruiz Aguilar
 Director de Gestión y Control Ambiental


 Dr. A. Torres del Aguila
 INGENIERO AMBIENTAL


 Ing. Eneida Herrera González
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100104

| Puntos de Muestreo | Días del Monitoreo | | | | | | | | | | Predominancia Del Viento (Dirección) | |
|--------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------------------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | 1.6 m/s | | | | | | | | | | | NNE |
| 2 | | 2.4 m/s | | | | | | | | | | SWW |
| 3 | | | 1.6 m/s | | | | | | | | | NNE |
| 4 | | | | 2.4 m/s | | | | | | | | SWW |
| 5 | | | | | 3.5 m/s | | | | | | | SSW |
| 6 | | | | | | 4.5 m/s | | | | | | SW |
| 7 | | | | | | | 1.9 m/s | | | | | SSE |
| 8 | | | | | | | | 1.3 m/s | | | | SE |
| 9 | | | | | | | | | 0.5 m/s | | | SWW |
| 10 | | | | | | | | | | 0.5 m/s | | SWW |

Fuente: Elaboración Propia


 Juan Luis Ruiz Aguilar
 DOCTOR EN CIENCIAS PÚBLICAS Y GOBIERNO LOCAL


 Juan Luis Ruiz Aguilar
 DOCTOR EN CIENCIAS PÚBLICAS Y GOBIERNO LOCAL


 Ing. ENGENIO HERRERA GONZALEZ
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100104

Ficha N°5 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES
EN ArcGIS

| | |
|---|---|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | |
| HOJA DE REGISTRO DE LA TESIS | |
| TITULO | Impactos de Material Particulado (PM 2.5) en la calidad atmosférica del distrito de Morales-Provincia de San Martín- 2022 |
| LINEA DE INVESTIGACION | Calidad y Gestión de Recursos Naturales |
| RESPONSABLES | Colichón Carranza Rodrigo David Torres del Aguila Alexis |
| ASESOR | Mg.Cabello Torres, Rita Jaqueline |

| | |
|---|-----------------|
| Ficha N°7 DATOS DE LAS IMÁGENES ArcGIS | |
| Fuente de adquisición | Software ArcGIS |
| Fecha de toma de las imágenes | 2022 |
| Datum | WGS84 |
| Zona UTM | 18 M |


 Juan Luis Ruiz Aguilar
 DOCTOR EN INGENIERIA PUBLICA Y GOBIERNO LOCAL


 Dr. A. Torres del Aguila
 INGENIERO AMBIENTAL



 Ing. E. Herrera González
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100164

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ruíz Aguilar , Juan Luis
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo- Filial Tarapoto
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia
- 1.5. Autores de Instrumento: Rodrigo David Colichón Carranza, Alexis Torres del Aguila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|----|
| 95 |
|----|

Tarapoto, 11 de marzo del 2022


 JUAN RUIZ AGUILAR
 DOCENTE DE CALIDAD PÚBLICA Y GESTIÓN AMBIENTAL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lozano Chung, Andi
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Nacional de San Martín
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia
- 1.5. Autores de Instrumento: Rodrigo David Colichón Carranza, Alexis Torres del Aguila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Tarapoto, 11 de marzo del 2022


 Dr. Andi Lozano Chung
 Docente de la Universidad Nacional de San Martín

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 3

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Herrera Gonzales, Eugenio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor Ambiental
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de Custodia
- 1.5. Autores de Instrumento: Rodrigo David Colichón Carranza, Alexis Torres del Aguila

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|----|
| 95 |
|----|

Tarapoto, 11 de marzo del 2022




VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 4

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ruíz Aguilar , Juan Luis
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo- Filial Tarapoto
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de campo
- 1.5. Autores de Instrumento: Rodrigo David Colichón Carranza, Alexis Torres del Aguila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----------|
| 95 |
|-----------|

Tarapoto, 11 de marzo del 2022


 Alexis Torres del Aguila
 DOCTOR EN CIENCIAS PÚBLICAS Y GOBIERNO LOCAL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 5

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lozano Chung, Andi
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Nacional de San Martín
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de Campo
- 1.5. Autores de Instrumento: Rodrigo David Colichón Carranza, Alexis Torres del Aguila

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|----|
| 95 |
|----|

Tarapoto, 11 de marzo del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 6

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Herrera Gonzales, Eugenio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor Ambiental
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de campo
- 1.5. Autores de Instrumento: Dalens Rojas Zulema Esther, Macedo Gallegos Tabatha

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|----|
| 95 |
|----|

Tarapoto, 11 de marzo del 2022



 Ing. ENGENIO HERRERA GONZALEZ
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100104

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

- Certificado de PQ200



Certificado de Calibración OHLF-465-2021

1.- SOLICITANTE

Nombre: LIDERA EHSQ S.A.C.

Dirección: CAL.LAS PERDICES MZA. 92 LOTE. 27 URB. JUAN PABLO II
LIMA - LIMA - LOS OLIVOS

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales.

OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú.

OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Medidor de Caudal
(Muestreador de Material
Particulado)

Marca : Mesa Labs
Modelo : PQ200
N° de Serie : 2851
Intervalo de medición : 10 L/min a 20 L/min
Resolución : 0,1 L/min
Procedencia : Estados Unidos

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

* El instrumento se calibró el 2021-08-27

* La calibración se realizó en el Área de Flujo del Laboratorio OHLAB S.A.C.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

| | | | |
|-------------|------------|---|----------|
| Temperatura | 20,9 °C | ± | 0,2 °C |
| Humedad | 50,6 % HR | ± | 1,1 % HR |
| Presión | 1012,2 hPa | ± | 0,1 hPa |

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C.. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este certificado.

Fecha de emisión: 2021-08-27

Sello



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY SAC
.....
Juan Diego Arribasplata
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina N° 365, La Perla Callao - Peru
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 872
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Certificado de Calibración OHLF-465-2021

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el ME-009: 1° Ed., "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.
La calibración se efectuó según el PC-026 "PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE HIGRÓMETROS Y TERMÓMETROS AMBIENTALES" Del INACAL

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

| N° de Certificado | Patrón utilizado | Marca | Modelo |
|-------------------|--|----------|----------------|
| LFG-205-2019 | Medidor de Caudal, con una exactitud del 1 % de la indicación. | MesaLabs | Defender 530+H |
| INACAL / DM | | | |
| LH-120-2020 | Termohigrómetro con una exactitud de 0,2 □ y 2 %HR | LUFFT | XC200 |
| INACAL / DM | | | |
| LFP-053-2020 | Barómetro con una exactitud de 2 hPa. | EXTECH | SD700 |
| INACAL / DM | | | |

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración está en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Certificado de Calibración OHLF-465-2021

7.- RESULTADOS

CAUDAL

| CCV | Indicación del Caudalímetro | Error | Incertidumbre |
|-------|-----------------------------|-------|---------------|
| L/min | L/min | L/min | L/min |
| 13,4 | 14,2 | 0,8 | 0,2 |
| 16,1 | 16,8 | 0,7 | 0,2 |
| 18,2 | 18,5 | 0,4 | 0,2 |

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

* Temperatura del aire: 22,1 °C ± 0,2 °C

TEMPERATURA (AT)

| Indicación del Patrón (°C) | Indicación del equipo (°C) | Error (°C) | Incertidumbre (°C) |
|----------------------------|----------------------------|------------|--------------------|
| 19,4 | 18,7 | -0,7 | 0,4 |
| 24,5 | 24,0 | -0,5 | 0,4 |
| 38,2 | 37,8 | -0,4 | 0,4 |

PRESIÓN ATMOSFERICA

| Indicación del Patrón (mmHg) | Indicación del equipo (mmHg) | Error (mmHg) | Incertidumbre (mmHg) |
|------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------|
| 734,9 | 736 | 1,1 | 1 |
| 750,8 | 752 | 1,2 | 1 |
| 798,7 | 800 | 1,3 | 1 |

(Fin del documento)

- **LOW-VOL 1100**



Certificado N°: ECO 004-2021

CERTIFICADO DE CALIBRACION

FECHA DE CALIBRACIÓN: 13-12-2021

Datos del equipo:

ID. del Instrumento : MicroVol 1100 **Marca** : ECOTECH
Número de Serie : 17-0832
Tipo de Instrumento : Muestreador de Partículas en Aire, de bajo volumen.
Cliente : TUSAN INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
Chequeo Operacional : PASS
Chequeo Físico : PASS
Próxima Calibración : 13-12-2022

Condiciones Ambientales:

| | |
|----------------------|----------|
| Temperatura Ambiente | 24.5 °C |
| Presión Ambiente | 745 mmHg |

Patrón Utilizado:

| Flujo Definer 220-M (LPM) | Flujo MicroVol 1100 (LPM) | Tolerancia (< 2%) | ¿Aprobado? (Si / No) |
|------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 2.021 | 2.000 | 1.05% | Si |
| 2.967 | 3.000 | 1.1% | Si |

Se utiliza Patrón de flujo primario de medio rango, marca MesaLabs, modelo: Definer 220-M:

Identificación de Instrumento: N/S: 134358
 Certificado de Calibración: LFG-036-2021 INACAL
 Fecha de calibración: 13/09/2021.


Juan D. Contreras V.
 Dpto. de Soporte Técnico



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración

LFG - 036 - 2021

Página 1 de 4

| | | |
|---|--------------------------------|--|
| Expediente | 1044535 | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> |
| Solicitante | Representaciones Techlab sac | |
| Dirección | Av. Paseo De La Republica 2406 | |
| Instrumento de Medición | MEDIDOR DE CAUDAL | |
| Marca | Bios International Corp. | |
| Modelo | Definer 220-M | |
| Procedencia | Estados Unidos | |
| Número de Serie | 134358 | |
| Intervalo de Medición | 0,50000 L/min a 5,000 L/min | |
| Resolución del Dispositivo Visualizador | (*) | |
| Temp. de Referencia | 25 °C y 1,01325 bar (**) | |
| Fecha de Calibración | 2021-09-13 | |

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.



Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA
Secretario FAU
2090220215 est
Fecha: 2021-09-14
01:24:29



Firmado digitalmente por OCHOA
OCHOA Carlos Roberto FAU
2090220215 est
Fecha: 2021-09-13 13:31:06

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 036 – 2021

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación del error de indicación del medidor por el método de comparación, utilizando aire seco como fluido de ensayo

Lugar de Calibración

Laboratorio de Flujo de Gases
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

| | |
|---------------------|------------|
| Temperatura | 18,8 °C |
| Humedad Relativa | 68,0 % |
| Presión Atmosférica | 999,6 mbar |

Patrones de referencia

| Trazabilidad metrológica | Patrón de medición | Documento de Calibración |
|---|--|--|
| Patrones de Referencia del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de Estados Unidos - NIST | Sistema de Desplazamiento Positivo LFG 04 001 Incertidumbre : 0,23 % | MesaLabs/Reporte No. 18970 de: 2019-11-20 |

Observaciones

(*) 0,00001 L/min hasta 0,99999 L/min; 0,0001 L/min desde 1,0000 L/min hasta 5,0000 L/min .

(**) Condiciones de referencia configuradas en el instrumento.

Para la calibración se utilizó como fluido de ensayo aire seco.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL - DM.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 036 – 2021

Página 3 de 4

Resultados

| Q / (L/min) | E / % | U / % | E.M.P. |
|----------------|----------|----------|--------|
| 0,50514 | 0,90 | 0,29 | ± 1 % |
| 2,5071 | 0,52 | 0,28 | ± 1 % |
| 5,0100 | 0,61 | 0,29 | ± 1 % |

Q: Indicación de caudal del instrumento

E: Error de medición (respecto a la indicación)

U: Incertidumbre expandida (k=2)

E.M.P. : Error Máximo Permitido

Las condiciones de operación del flujómetro fueron:

Presión en el medidor de flujo: 1000,6 .

Temperatura en el medidor de flujo: 19,5 °C .



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 036 – 2021

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement"). La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Estación Meteorológica

PCE Instruments


PCE Instruments Chile
Calle Santos Dumont
N° 738, Local 4
Recoleta, Santiago
Tel.: +56 2 2405 3238
Fax: +56 2 2873 3777
info@pce-instruments.cl
www.pce-instruments.com/chile

CERTIFICADO DE FÁBRICA

Se certifica que el equipo individualizado más adelante, cumple con las prescripciones que han sido establecidas en la normativa vigente.

Modelo

FWS 20N

Año

2021

Esta declaración es válida para todos los ejemplares del producto que tengan idénticas características y que hayan sido fabricados según las descripciones y bocetos de desarrollo, construcción y fabricación.

Asimismo se declara que el equipo viene calibrado de fábrica y ha sido comprobado en el momento de su fabricación asegurando que las mediciones y tolerancias cumplen con las siguientes especificaciones técnicas.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

INTERIOR

Función de medición
Temperatura del aire
Rango de medición
0 ... +50 °C
32 .. 122 °F

Resolución
0,1

Precisión
-

Función de medición
Humedad relativa
Rango de medición
1 ... 99 %

Resolución
1 %

Precisión
-

Función de medición
Presión atmosférica
Rango de medición
300 ... 1100 hPa
8,85 ... 32,5 inHg

Resolución
0,1 hPa
0,01 inHg

Precisión
± 3 hPa

Intervalo de medición: 48 segundos
Duración de la alarma: 120 segundos

Mayo de 2021

PCE Instruments Chile, S.A.

R.U.T.: 76.154.057-2
Calle Santos Dumont, N° 738, Local 4
Comuna de Recoleta
Santiago de Chile
Tel.: +56 2 2405 3238
E-mail: info@pce-instruments.cl



PCE Instruments Chile | Calle Santos Dumont N°738, Local 4 | Recoleta, Santiago

Teléfonos: +56 2 2405 3238 | +56 2 2405 3096 | Fax: +56 2 2873 3777

Email: info@pce-instruments.cl | www.pce-instruments.com/chile

EXTERIOR
 Función de medición
 Temperatura del aire
 Rango de medición
 -40 ... 60 °C
 -40 ... 140 °F

| | |
|-------------------|------------------|
| Resolución | Precisión |
| 0,1 | ±1 °C |

Función de medición
 Humedad relativa
 Rango de medición
 1 ... 99 %

| | |
|-------------------|---|
| Resolución | Precisión |
| 1 % | ±4 % dentro de 20 ... 80 % ±6 % fuera de 20 ... 80 % |

Función de medición
 Pluviometría
 Rango de medición
 0 ... 9999 mm

| | |
|--------------------------------------|------------------|
| Resolución | Precisión |
| 0,3 mm a <1000 mm 1 mm a >1000 mm | ±6 % |

Función de medición
 Velocidad del viento
 Rango de medición
 0 ... 50 m/s
 0 ... 100 mph

| | |
|-------------------|-----------------------------------|
| Resolución | Precisión |
| 0,1 | ±1 m/s a <5 m/s ±10 % a >5 m/s |

Transmisión por radio: hasta un máx. 100 m, 300 feet
 Frecuencia: 868 MHz (Europa)
 Intervalo de medición: 48 segundos
 Tipo de protección: IP X3

PCE Instruments Chile, S.A.
 R.U.T.: 76.154.057-2
 Calle Santos Dumont, N° 738, Local 4
 Comuna de Recoleta
 Santiago de Chile
 Tel.: +56 2 2405 3238
 E-mail: info@pce-instruments.cl

Mayo de 2021

