



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

**CON PM<sub>10</sub> EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS**

**MARIÁTEGUI DE MOQUEGUA**

**PRESENTADA POR**

**ING. FIDEL JESUS AYCA CASTRO**

**ASESOR**

**MAG. GREGORIO CHOQUE LAQUISE**

**PARA OPTAR GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS**

**CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2022**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la **Facultad de Ciencias**, certifica que el trabajo de investigación ( ) / Tesis (X) / Trabajo de suficiencia profesional ( ) / Trabajo académico ( ), titulado “**DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL CON PM10 EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI DE MOQUEGUA**” presentado por el(la) aspirante **AYCA CASTRO FIDEL JESUS**, para obtener el grado académico (X) o Título profesional ( ) o Título de segunda especialidad ( ) de: **MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**, y asesorado por el(la) **Mgr. GREGORIO CHOQUE LAQUISE**, designado como asesor con Resolución Directoral N°0215-2018-DEPG-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

| Programa académico                                       | Aspirante(s)            | Trabajo de investigación  | Porcentaje de similitud |
|--|-------------------------|---|-------------------------|
| MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL | AYCA CASTRO FIDEL JESUS | DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL CON PM10 EN LA UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI DE MOQUEGUA | 26%                     |

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **26%**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 04 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD JOSE CARLOS MARIATEGUI

Dr. JAVIER PEDRO FLORES AROCUTIPA

JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|                              | <b>Pág.</b> |
|------------------------------|-------------|
| <b>Dedicatoria</b> .....     | iii         |
| <b>Agradecimientos</b> ..... | iv          |
| <b>Resumen</b> .....         | ix          |
| <b>Abstract</b> .....        | x           |
| <b>Introducción</b> .....    | 11          |

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

|  |    |
|--|----|
| 1.1. Descripción de la Realidad Problemática .....         | 13 |
| 1.2. Definición del problema .....                         | 14 |
| 1.3. Objetivo de la Investigación .....                    | 16 |
| 1.4. Justificación y limitaciones de la investigación..... | 16 |
| 1.5. Variables .....                                       | 18 |
| 1.6. Hipótesis de la Investigación .....                   | 19 |

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 20 |
| 2.2. Bases teóricas.....                   | 22 |
| 2.3. Marco conceptual.....                 | 29 |

## CAPÍTULO III

### MÉTODO

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 3.1. Tipo de investigación.....    | 34 |
| 3.2. Diseño de investigación ..... | 35 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 3.3. | Población y muestra.....                              | 35 |
| 3.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos. .... | 35 |
| 3.5. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....    | 36 |
| 3.6. | Validez de los instrumentos de investigación.....     | 36 |

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.1. | Presentación de resultados por variables ..... | 44 |
| 4.2. | Contrastación de Hipótesis .....               | 46 |
| 4.3. | Discusión de Resultados .....                  | 48 |

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|      |                       |    |
|------|-----------------------|----|
| 5.1. | Conclusiones.....     | 46 |
| 5.2. | Recomendaciones ..... | 47 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> ..... | 48 |
|---------------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| <b>ANEXOS</b> ..... | 51 |
|---------------------|----|

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Operacionalización de variables.....   | 18   |
| Tabla 2. Resultados obtenidos del muestreador PQ200 y PM10 LABORATORIO<br>INTERIOR.....   | 39   |
| Tabla 3. Resultados obtenidos del muestreador PQ200 y PM10 LABORATORIO<br>EXTERIOR.....   | 39   |
| Tabla 4. <i>Datos descriptivos de la concentración de material particulado en el interior<br/>de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua</i><br>.....   | 40   |
| Tabla 5. <i>Prueba de normalidad a los datos de la contaminación por PM10 en el interior<br/>de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.</i>  | 40   |
| Tabla 6. <i>Prueba T Student para una sola muestra de la contaminación por partículas<br/>menores PM10 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos<br/>Mariátegui</i> .....<br><i>Moquegua.....</i> <b>¡Error!</b><br><b>Marcador no definido.</b> | 41   |
| Tabla 7. <i>Datos descriptivos de la concentración de material particulado en el exterior de<br/>los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.....</i>   | 42   |
| Tabla 8. <i>Prueba de normalidad a los datos de la contaminación por PM10 en el interior<br/>de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua... </i>   | 42   |
| Tabla 9. <i>Prueba T Student para una sola muestra de la contaminación por partículas<br/>menores PM10 en el exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos<br/>Mariátegui de Moquegua.....</i>   | 43   |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 10. <i>Resultados de las partículas menores (PM10) en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.....</i>         | 43 |
| Tabla 11. <i>Análisis de varianza de las partículas menores (PM10) en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua ..</i> | 44 |
| Tabla 12. <i>Prueba de rango múltiple de Tukey (P&lt;0,05): PM10 en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua..</i>    | 45 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Anexo 1 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire ..... | 52          |
| Anexo 2 Fotografías de la investigación .....                 | 53          |

## RESUMÉN

El objetivo de la investigación fue determinar la contaminación ambiental con PM10 en la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua. La medición del material particulado igual o menor a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro se realizó con un muestreador de aire de PM10 PQ 200, las pruebas se midieron en el interior del laboratorio de ingeniería ambiental y en la parte externa durante nueve días, cada evaluación se determinó durante 24 horas según la Regulación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire D.S. 003-2017-MINAM. Los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio con el muestreador PQ 200 reportaron valores promedios en el interior de 16,4256  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el exterior tuvo un promedio de 43,5910  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se concluye que La contaminación ambiental con PM<sub>10</sub> en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua fue menor que en la parte exterior ( $p < 0,05$ ) cumpliendo con la norma del Ministerio del Ambiente para un aire respirable.

**Palabras claves:** Material Particulado, PM<sub>10</sub>, Muestreador, Gravimetría, Aire Respirable.

## ABSTRACT

The objective of the research was to determine the environmental pollution with PM10 at the José Carlos Mariátegui University of Moquegua. The measurement of particulate matter equal to or less than 10  $\mu\text{m}$  in diameter was carried out with a PM10 PQ 200 air sampler. The tests were measured inside the environmental engineering laboratory and outside for nine days, each evaluation was determined for 24 hours according to the Regulation of National Environmental Air Quality Standards D.S. 003-2017-MINAM. The results obtained in the tests carried out in the laboratory with the PQ 200 sampler reported average values inside of 16.4256  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  and outside it had an average of 43.5910  $\mu\text{g} / \text{m}^3$ . It is concluded that environmental pollution with PM 10 inside the laboratories of the José Carlos Mariátegui University of Moquegua was lower than outside ( $p < 0.05$ ), complying with the Ministry of the Environment's standard for breathable air.

**Key words:** Particulate Matter, PM<sub>10</sub>, Sampler, Gravimetry, Breathing Air

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es una alteración del nivel de la calidad y ocurre cuando el aire interior y ambiental se contamina por agentes químicos, físicos o biológicos (Academia Nacional de Medicina de México, 2015).

El parque automotor emite a la atmosfera gran cantidad de polvo fino y gases tóxicos debido al consumo de combustible fósil incrementando negativamente las partículas del aire (Lee & Cho, 2024).

A nivel mundial la contaminación del aire tiene efecto negativo sobre la calidad de vida de las personas y los ecosistemas (Wang et al., 2024; Ferrari & Guariso, 2024), de acuerdo a Libia Rojas-Rueda et al. (2024) reconocen que dicha contaminación es un riesgo crítico para la salud de la población. Así mismo según Molina (2015) menciona que la contaminación del aire por agentes biológicos en el interior de hogares y ambientes públicos repercute negativamente en fallecimientos y malestares frecuentes sobre la población.

En la ciudad de Mexicali al analizar la calidad de aire en época de invierno reporta que el material orgánico es la especie mayoritaria en las  $PM_{10}$  por efecto de la quema de residuos orgánicos (Canales-Rodríguez et al., 2014).

Hernández et al. (2020) indican que la contaminación del aire va en aumento y su posible impacto de afección a la salud de las personas, la agricultura y el clima, siendo un desafío del desarrollo sostenible tener acceso a dicha información en los países en vías de desarrollo.

Por consiguiente, es muy importante conocer la concentración de las partículas menores que se encuentran en el aire. Algunas investigaciones muestran estudios de monitoreo continuo del aire interior y exterior de hogares y subrayan la necesidad urgente

de estrategias efectivas de gestión de la calidad del aire en zonas urbanas (Huda et al., 2024)

A través de un enfoque de la contaminación del aire, esta investigación propone determinar la contaminación ambiental con PM10 en la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua. El diagnóstico permitirá conocer el nivel de contaminación por PM10 dentro del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y en la parte exterior, lo cual sentará bases para un futuro modelo de gestión ambiental del aire en laboratorios.

Es preciso señalar que en el capítulo I presentamos el problema de investigación: La descripción de la realidad problemática, definición del problema, objetivo de la investigación, la justificación y limitaciones de la investigación, variables e hipótesis de la investigación. En el capítulo II presentamos el marco teórico: Antecedentes, bases teóricas y marco conceptual. En el capítulo III el método donde indicamos la metodología de investigación utilizada. En el capítulo IV la presentación y análisis de los resultados: Presentación de resultados por variables, contrastación de la hipótesis y discusión de resultados. Finalmente, en el capítulo V tenemos las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Las cantidades elevadas de material particulado en las instalaciones pueden generar en una muestra en particular valores altos de contaminación en la fuente siendo la manifestación más visible de esta contaminación en un laboratorio con fines ambientales.

En un laboratorio ambiental, se puede afirmar sin ninguna reserva que a menos que un laboratorio tenga una sala limpia especialmente construida, se mantenga y monitoree bajo los protocolos más estrictos, los límites de detección de la contaminación con polvo son menores. El problema no está en los instrumentos, sino que se debe únicamente a la contaminación de material particulado de 10  $\mu\text{m}$ .

Todos los laboratorios tienen problemas de contaminación, y estos problemas pueden ser inevitables y en gran medida insuperables sin una inversión significativa en la construcción y el mantenimiento de las instalaciones de laboratorios libre de material particulado es decir laboratorios limpios. Las salas blancas están diseñadas para minimizar la contaminación de laboratorio en el análisis químico inorgánico y orgánico. (Roy, 2012).

El elemento más importante que contribuye a la contaminación inorgánica es el polvo o material particulado. Casi todas las personas en algún momento de su vida u otra han tenido ocasión de sentarse viendo el polvo flotando en el aire a través de un rayo de sol mientras sus pensamientos vagan hacia la eternidad. Cuando era joven, me imaginaba que estaba viendo átomos y moléculas. Lo que en realidad estaba viendo eran solo partículas de polvo muy grandes, que ni remotamente se aproximaban a la escala atómica o molecular. Muchas partículas, como las que componen los humos, son demasiado pequeñas para ser vistas como partículas individuales, incluso en un rayo de sol. (Smith et al, 2005).

El propósito global es la disminución de la contaminación con PM10 en los laboratorios ambientales y verificar que se cumpla con las prácticas de análisis químico en forma precisa y exacta, para obtener resultados representativos y oportunos.

## **1.2. Definición del problema**

La generación de polvos en un laboratorio es algo normal de todos los días ya sea por la limpieza del mismo laboratorio o por el viento que trae el material particulado, pero sin embargo al realizar un análisis químico con fines ambientales exhaustivo para un reporte determinado de contaminación ya sea en el agua, suelo y aire, las muestras se pueden contaminar en el mismo laboratorio ambiental, razón por lo cual se intenta encontrar una posible contaminación con material particulado a la hora de realizar los análisis y como estos influyen en el resultado final, ya que dar un dato erróneo o sesgado puede influir en un mal reporte y por consecuencia el

prestigio del laboratorio donde se realizó el análisis, ya que los contaminantes se encuentran en los Límites máximos permisibles en ppm (partes por millón) es decir en 1 mg por litro ya que una pequeña variación en los análisis influido por el material particulado al realizar el masado de la muestra o al realizar el ataque químico puede influir en los resultados respectivos.

Los metales no son los únicos materiales particulados inorgánicos que están sujetos a contaminación de un laboratorio ambiental. Los aniones comunes, nitrato, fosfato, sulfato y cloruro son ubicados en el ambiente y en el laboratorio. El amoníaco, al ser un gas a temperatura ambiente, tiende a impregnar el aire del laboratorio cada vez que se abre una botella de amoniaco reactivo, y puede contaminar tanto los estándares como las muestras. Las prácticas de laboratorio que ayudan a disminuir el problema de contaminación son el uso de material de vidrio y reactivos dedicados para cada procedimiento y la realización de análisis individuales en secciones aisladas del laboratorio en lugar de grandes espacios de trabajo comunes. (Mukhtar et al, 2012).

Al poder determinar la contaminación con material particulado PM10, en un laboratorio ambiental podemos preguntarnos, si hay una contaminación a las muestras, al proceso de análisis, o a los equipos y materiales utilizados, así mismo se puede identificar la cantidad de material particulado PM10 que se encuentra en un laboratorio ambiental, y poder así realizar la evaluación de resultados obtenidos en términos de cantidad para generar una solución al problema de contaminación con PM10.

### **1.3. Objetivo de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la contaminación ambiental con PM<sub>10</sub> en la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Medir la concentración de material particulado PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.

Medir la concentración de material particulado PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en la parte externa del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.

### **1.4. Justificación y limitaciones de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación**

Las partículas suspendidas en el aire varían en su contenido de agua desde partículas muy secas hasta micro gotas de agua que se forman alrededor de un núcleo sólido. Las partículas con un alto contenido de agua tienden a adherirse a los objetos sólidos más fácilmente que las partículas secas. Las partículas de polvo casi siempre son más pesadas que el aire, pero en realidad es la relación de peso a volumen (densidad) y el tamaño físico lo que determina la capacidad de transporte a través del aire. Las densas partículas de PM<sub>10</sub> se asentarán rápidamente en el aire y lo recubrirán todo. Las partículas menos densas pueden suspenderse en el aire durante períodos de tiempo muy largos, existiendo la justificación siguiente:

### **Ambiental**

En el laboratorio ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui en la ciudad de Moquegua, se realizarán análisis físico químicos con fines ambientales, tales como análisis de aguas, suelos, aire y otros, los cuales necesitan una precisión adecuada para evitar errores de análisis y resultados, por qué parte de la necesidad de realizar esta investigación de la contaminación con PM10 en dicho laboratorio y así poder tomar las medidas correctivas en los protocolos de análisis.

### **Económica**

Esta investigación se realizara en el aspecto económico por que generara un ingreso por análisis ambientales a la Universidad, ya que la confiabilidad de datos es muy importante para una institución de prestigio, y que los estudiantes difundan estos beneficios de la universidad con laboratorios de investigación con un mínimo de influencia en sus análisis con fines de realizar una tesis o un trabajo de investigación, redituara en el aumento de la población estudiantil en esta prestigiosa casa de estudios y más adelante convertirse en un laboratorio acreditado por INACAL según la NTP 17025 para laboratorios.

### **Social**

Genera confianza en la población al tener un laboratorio con mínimos trazas de contaminación en sus análisis, así como en la credibilidad de la comunidad universitaria, confianza en la obtención de datos mediante

protocolos de limpieza de material y ejecución de los análisis, es decir se traduce en la confiabilidad de sus resultados, además realizar análisis confiables, con métodos exactos y precisos.

#### 1.4.2 Limitaciones de la investigación

Las limitaciones serian el poco uso de los equipos del laboratorio, y falta de una balanza con seis decimales, para así poder realizar una evaluación de la contaminación con material particulado.

Mejorar los protocolos de análisis y confianza en la obtención de resultados confiables.

### 1.5. Variables

**Tabla 1.**  
*Operacionalización de variables*

| Variable                              | Indicador             | Indicador                |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| <b>Dependiente</b>                    |                       |                          |
|                                       | Concentración         | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Material particulado PM <sub>10</sub> |                       |                          |
| <b>Independiente</b>                  |                       |                          |
| Lugar                                 | Dentro de laboratorio | Número de veces          |
|                                       | Fuera de laboratorio  |                          |
| <b>Interviniente</b>                  |                       |                          |
| Temperatura                           | Ambiental             | °C                       |
| Humedad                               |                       | %                        |

## **1.6. Hipótesis de la Investigación**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La medición del material particulado PM<sub>10</sub> permite determinar la contaminación ambiental en el laboratorio de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.

### **1.6.2. Hipótesis derivadas**

La medición del material particulado PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua permite conocer su concentración.

Si se mide el material particulado PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la parte externa del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua entonces se conoce su concentración.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### Nacional

Según Suárez *et al*, 2008 en su investigación titulada “Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú” Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú. En la ciudad de Huancayo, ubicada en los Andes del centro del Perú, propone que el aire presenta problemas de calidad, siendo el principal contaminante el material particulado (MP). Por ello, el objetivo del presente artículo fue caracterizar la composición química del MP atmosférico colectados en una estación ubicada en el centro urbano de Huancayo. Para lo cual se colectó MP en agosto del 2007, y enero, abril y mayo del 2008 con un equipo de bajo volumen (Partisol F. 2000) y filtros de 47 mm. Se determinó la concentración de partículas de tamaño hasta 10  $\mu\text{m}$  (MP10), partículas menores a 2,5  $\mu\text{m}$  (MP2,5) y se analizó la composición química de hasta 38 elementos, mediante la técnica de fluorescencia de rayos X (XRF). Y en el caso del PM2.5 se analizó los iones: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ).

En conclusión, el estudio se confirma la problemática del MP en la ciudad de Huancayo, pero evidencia el mayor riesgo del MP 2,5 a la salud de su población, siendo el sector transporte una de las fuentes de emisión más importantes.

### **Internacional**

Santillán et al.(2021) en la investigación titulada “Evaluación de la concentración y distribución espacial de material particulado en los campus de la UNACH – Riobamba”, al realizar un análisis comparativo de los niveles de concentraciones de Material Particulado Volátil durante 24 horas, en los tres campus de la Universidad Nacional de Chimborazo, donde el PMV se midió con el equipo DustTrak™ II por 24 días reportaron que el PM10 presento un valor medio de 10 µg/m<sup>3</sup>, máximo de 15 µg/m<sup>3</sup> y un mínimo de 6 µg/m<sup>3</sup>

En una investigación realizada por Ramos (2023), encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la concentración de PM10 y los meses del año, donde las concentraciones más altas del material particulado se reportaron en los meses de marzo con 72.72 µg/m<sup>3</sup> y abril con 82.75 µg/m<sup>3</sup>.

Según María L. et al, 2012 la investigación titulada “Contaminación ambiental por PM10 dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en puerto Nare, Colombia”. Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia. Colombia. El objetivo de la investigación es explorar la relación entre niveles de PM10 intra y Extra domiciliario y así como también la función pulmonar de los habitantes, corregimiento La Sierra, Puerto Nare, Antioquia Colombia.

En conclusión, el 50% de las casas el interior PM10 ( $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ) fue  $<$  PM10 Exterior ( $0.06\text{ mg} / \text{m}^3$ ), humedad relativa 79.08%, precipitación 33.03 mm, temperatura  $28.75^\circ\text{C}$  y velocidad del viento  $0.91\text{ m} / \text{s}$ . 25% de FEV1 fue  $<$ 74%. La correlación de PM10 en interiores y exteriores fue positiva, 0.197 ( $p = 0.029$ ) y entre PM10 interior y velocidad de viento negativa  $-0.215$  ( $p = 0.017$ ). Encontramos una relación positiva débil entre el volumen espiratorio forzado y el PM10 interior y exterior.

Los resultados sugieren que la contaminación interior de las casas proviene de las emisiones automotrices, la combustión industrial y las carreteras descubiertas. PM10 disminuyó al aumentar la lluvia, la humedad relativa y el viento.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1 Concentración de PM<sub>10</sub>**

Las partículas con un tamaño aerodinámico de 10 micras o menos se denominan PM10. Debido a su pequeño tamaño, el PM10 es fácilmente inhalado e ingresa al cuerpo humano, afectando la salud de las personas expuestas a altas concentraciones (Mokand Hoi, 2005).

Se requiere monitorear las concentraciones de PM10 en el ambiente, estableciendo niveles máximos permisibles de  $50\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  para exposición de 1 año y  $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  para exposición de 24 horas (MAVDT, 2010). Se sabe que las concentraciones de PM10 provienen principalmente de fuentes naturales, móviles y estacionarias.

Según Canales-Rodríguez et al. (2014) mencionan que los resultados del análisis de la calidad del aire de la ciudad de Mexicali de la zona urbana y rural es

insatisfactorio, así mismo Aragón-Piña et al. (2006) en su estudio indican que La medición de los niveles de contaminación por partículas suspendidas totales y elementos pesados proporcionan información global cuantitativa. Algunos parámetros como las temperaturas elevadas y la baja humedad relativa del aire atmosférico en la plaza San Martín de Lima tienen influencia en la presencia de PM<sub>10</sub> (Ramos, 2023).

En la actualidad en América Latina y el Caribe la contaminación del aire es el principal riesgo ambiental para la salud de las personas (Castillo et al., 2023).

### **2.2.2. Conceptos**

#### **Muestreo o Muestreador:**

La acción de seleccionar una muestra representativa de calidad o condiciones de aire promedio. Seleccione una pequeña porción determinada estadísticamente que se usará para inferir el valor de una o más características en el conjunto. Al monitorear la calidad del aire, los parámetros determinados se relacionan con la concentración de varios contaminantes. Análisis: Medida directa de la presencia y/o concentración de contaminantes (gases o partículas) en muestras de aire que pasan por el dispositivo. El análisis puede ser químico u óptico y los valores se pueden conocer en tiempo real en el sitio (MAVDT, 2010).

#### **Análisis:**

contaminantes (gas o partículas en las muestras de aire que pasan por el dispositivo). se puede analizar tipo químico u óptico, puede conocer el valor en tiempo real en el sitio (MAVDT, 2010).

**Contaminación atmosférica:**

Alta presencia de sustancias en la atmósfera. Concentración en un punto particular en el tiempo como resultado de la actividad o procesos humanos, puede ser perjudicial para la salud humana y el medio ambiente (MAVDT, 2010).

**Aire:**

Está formado por las mezclas líquidas y gaseosas que componen la atmósfera terrestre. Una composición típica es al menos un 20 % de oxígeno y un 77 % de nitrógeno, en proporciones variables. Relación de volumen de gas inerte a vapor de agua (MAVDT, 2010).

**Fuentes de Emisión:**

una actividad, proceso u operación realizada por o con una persona. Intervenciones que pueden liberar contaminantes a la atmósfera (Alan D. *et al*, 2003).

**Norma de Emisión:**

Niveles permisibles de emisión de contaminantes establecidos por las agencias ambientales competentes para cumplir con los estándares de calidad del aire (Alan D. *et al*, 2003).

**Aire, composición de puro:**

La composición del aire es variable con respecto a varios de sus componentes (por ejemplo, CH, CO, H, O) de modo que el aire "puro" no tiene un significado preciso; es comúnmente considerado como aire que está libre de Polvo, aerosoles

y contaminantes gaseosos reactivos de origen antropogénico. La composición de los mayores. Los componentes en aire seco son relativamente constantes (porcentaje por volumen dado): Nitrógeno, 78.084%; Oxígeno, 20.946%; Argón, 0.934%; Dióxido de carbono, 0.033%; Neón, 0.0018%; Helio, 0.000524%; Metano, 0.00016%; Criptón, 0.000114%; Hidrógeno 0.00005; Óxido nitroso, 0.00003; Xenón, 0.0000087%. La concentración de dióxido de carbono, metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos y algunas otras especies de origen antropogénico están aumentando (Mokand Hoi, 2005)..

Mediblemente con el tiempo. El aire limpio relativo que está libre de la mayoría de la contaminación antropogénica reactiva (NO, NO, SO, hidrocarburos sin metano, etc.), a menudo utilizados como muestra de referencia en la calibración y el funcionamiento de Instrumentos, se compra bajo la denominación de aire cero.

### **Masa de aire:**

Un término cualitativo para describir un cuerpo de aire extendido con características aproximadamente uniformes que había sido identificado en un momento dado sobre una región particular de la superficie de la tierra. A veces un aire La masa está marcada por trazadores inertes, como el SF, que se le puede agregar. La composición de una masa de aire dada sufre alteración a medida que migra, se producen cambios químicos, los compuestos se eliminan mediante sequedad y humedad deposición, y nuevas impurezas se añaden a la masa (MAVDT, 2010).

**Estación de monitoreo de aire:**

Un sitio donde se realiza el monitoreo de la concentración de uno o más contaminantes fuera (por ejemplo, las estaciones BAPMoN, Antecedentes \_ Control de la circulación aérea \_Network of the WMO, \_World - Organización meteorológica).

**Contaminante del aire:**

Una sustancia, material gaseoso o aerosol que se ha introducido en el aire (ya sea por actividad humana o por procesos naturales) en concentración suficiente para producir un efecto medible en los seres humanos, animales, vegetación o materiales (monumentos, etc.): SO, NO, H, S, CO, hidrocarburos, etc (Harrison R.M. et al, 2005).

**Control de la contaminación del aire:**

Medidas tomadas para controlar la pureza del aire en algún grado especificado por la ley. Distrito de control de la contaminación del aire: una región geográfica designada por ley en la que las emisiones de algunos los contaminantes del aire especificados están controlados en un grado especificado por la ley (Mokand Hoi, 2005).

**Índice de contaminación del aire o índice de calidad del aire:** Una combinación matemática de las concentraciones de contaminantes del aire (ponderada de alguna manera para reflejar el impacto estimado en la salud del contaminante específico) lo que da una medida numérica aproximada de la calidad del aire en un momento dado. Estos índices tienen poca evidencia científica base, pero se han

utilizado para informar al público (de manera cualitativa) del grado de contaminación presente en un tiempo dado. Se recomienda que toda la información use las concentraciones de contaminantes medidas reales, servicios cuando sea posible, con referencia simultánea a las concentraciones correspondientes que son las autoridades sanitarias lo consideran peligroso para la salud humana.

### **Característica de la calidad del aire:**

Una de las propiedades cuantificables de una muestra de aire: la concentración de un constituyente, velocidad del viento, temperatura, etc. La cantidad de calidad del aire es el verdadero valor de las características siendo investigadas; se reconoce que en la práctica este valor solo puede ser aproximado por métodos existentes. Gestión de recursos aéreos: la planificación e implementación detallada de los programas de control de contaminación del aire. Diseñado para preservar la salud y el bienestar de las personas en la región, la vida animal y vegetal, la salud física propiedad, buena visibilidad y otros factores que determinan la calidad del aire y el mantenimiento de un ambiente estéticamente aceptable (Harrison R.M. et al, 2005)..

### **Calidad del aire ambiente:**

Un término general usado para describir la calidad del aire exterior. Por lo general, los adjetivos tales los medios usan lo bueno, lo justo, lo malo, etc., para describir esto; A menudo, algún tipo de contaminación del aire o la calidad del aire. El índice se emplea para determinar el término descriptivo específico que se utilizará. Estos son términos muy cualitativos de Poco o ningún valor científico. Ver

también índice de contaminación del aire, índice de calidad del aire (Harrison R.M. et al, 2005).

**Atmósfera (de la tierra):**

Toda la masa de aire que rodea la tierra, que está compuesta en gran parte por nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, nubes (agua líquida o sólida), dióxido de carbono, junto con gases traza y aerosoles.

**Atmósfera (unidad de medida de presión):**

Unidad de medida de presión que se ha empleado en describiendo la presión de los gases en tanques de almacenamiento. Está más o menos relacionado con la presión media del Ambiente a nivel del mar. Una atmósfera =  $1.01325 \times 10^5$  N m<sup>2</sup> (Pa) = 1013.25 mbar = 760 Torr. El uso de la medida de la unidad de medida de presión de la atmósfera ya no es recomendado por organismos científicos internacionales; Tiene Se recomendó que la presión estándar se redefiniera a 101325 Pascales (Harrison R.M. et al, 2005).

**Concentración, a nivel del suelo:**

La concentración de una especie química, normalmente un contaminante, en el aire; generalmente en concentración, partícula: comúnmente expresada de varias maneras: concentración de masa (generalmente como  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) o medido a una altura específica sobre el suelo.

concentración numérica (número de partículas); La instrumentación moderna permite medir el número de partículas en función del tamaño, así como el número total presente en un volumen de aire dado. Para la atmosfera aerosoles, esta es una

distribución compleja para la cual los diámetros varían desde menos de 0.01 a más de 100  $\mu\text{m}$ ; las partículas que hacen la mayor contribución a la densidad numérica total se encuentran en el rango de tamaño inferior a 0.1  $\mu\text{m}$  los que más contribuyen a la superficie total están en el rango de 0.1 a 1.0  $\mu\text{m}$ , mientras que los que tienen la mayor La contribución al volumen o la masa del aerosol proviene de los rangos de 0.1 a 1.0 y de 1.0 a 100,  $\mu\text{m}$  (Harrison R.M. et al, 2005).

### **2.3.Marco conceptual**

#### **Material particulado**

El material en partículas (PM) puede ser una mezcla compleja de partículas extremadamente pequeñas y gotas líquidas. La contaminación por PM o partículas se compone de varios componentes, incluidos ácidos (como nitratos y sulfatos), productos químicos orgánicos, metales y partículas de polvo o suciedad. El tamaño de las partículas está directamente relacionado con su potencial para causar problemas de salud. La EPA está preocupada por las partículas que tienen un diámetro de 10 micrómetros o menos, porque esas son las partículas que generalmente pasan a través de la garganta y la nariz hacia los pulmones. Una vez inhaladas, estas partículas pueden afectar el corazón y los pulmones y causar efectos graves en la salud. La US EPA Agrupa la contaminación por partículas en dos categorías:

a) Partículas gruesas inhalables, como las que se encuentran cerca de carreteras, fuentes de transporte, plantas de energía que queman carbón, fábricas de acero, operaciones mineras e industrias polvorrientas que son mucho más grandes que 2.5 micras y más pequeñas de 10 micras de diámetro (PM10).

b) Partículas finas como las que se hallan en el humo y la neblina y son de 2,5 micras de diámetro (PM<sub>2.5</sub>) y más pequeñas. Estas partículas pueden emitirse directamente desde fuentes como incendios forestales o formarse cuando los gases de las centrales eléctricas, fábricas y el parque automotor reaccionan en el aire.

Un método comúnmente utilizado para el análisis de material particulado es el uso de la recolección de filtros y el análisis gravimétrico. Impactores selectivos de tamaño se utilizan para recoger PM en un filtro, que luego se analiza gravimétricamente (Harrison R.M. et al, 2005).

El uso de sensores de aire de costo relativamente bajo en comparación con los monitores estacionarios para exteriores ahora está disponible como una tecnología emergente para ayudar a los científicos ciudadanos y a otros a tomar las decisiones adecuadas para monitorear los equipos. Se requiere información básica para calibrar los sensores y determinar la precisión de la respuesta del dispositivo, así como otros sesgos. La guía del sensor de aire de EPA puede ayudar a aquellos interesados en utilizar tecnología de sensor de calidad de aire de menor costo para las mejores mediciones de calidad del aire. Una desventaja del método del sensor de aire es que está en su etapa inicial de desarrollo y muchos sensores aún no se han evaluado para determinar la precisión de mediciones. (EPA, 2014).

### **Contaminación con material particulado**

Los tres contaminantes de interés en la evaluación de la línea de base de material particulado son: material particulado suspendido total (MPST), material particulado inhalable (PM<sub>10</sub>) y material particulado respirable (PM<sub>2.5</sub>).

MPST se refiere a partículas de menos de 44 µm de diámetro aerodinámico (definido como una partícula que tendría el mismo comportamiento aerodinámico

en el aire que una esfera, con una gravedad específica de 1.0 y un diámetro de 44  $\mu\text{m}$ ). Estas partículas son lo suficientemente pequeñas como para permanecer elevadas en el aire durante largas etapas en el tiempo debido a su baja velocidad de sedimentación. Cuando están presentes en grandes cantidades, pueden afectar la visibilidad y causar efectos de suciedad (Gugamsetty, B., 2012).

PM10 se refiere a partículas que tienen menos de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico. Estas partículas se conocen como la porción inhalable de material particulado ya que tienen la capacidad de ingresar a los pulmones. Cuando se expone a niveles elevados de PM10 durante un largo período de tiempo, pueden producirse efectos negativos para la salud.

PM2.5 se refiere a partículas sólidas o líquidas que tienen menos de 2.5 micrometros de un diámetro aero y dinámico. Estas partículas se conocen como la parte respirable de material particulado ya que estas partículas muy pequeñas pueden inhalarse en los pulmones y son lo suficientemente pequeñas como para llegar a los sitios de transferencia de gases en los pulmones. Cuando se exponen a niveles elevados de PM2.5 durante un largo período de tiempo, pueden producirse efectos perjudiciales para la salud. Los impactos de las tres clases de material particulado se consideraron en esta evaluación (Gugamsetty, B., 2012).

### **Material particulado como contaminante de muestras**

El polvo es una fuente importante de contaminación de la muestra. El polvo en el campo es tan contaminante como el polvo en el laboratorio. Las muestras deben ser recolectadas en un ambiente controlado para minimizar la contaminación del polvo. En los eventos de muestreo más rigurosos, esto significa la recolección y manipulación de la muestra en un entorno cerrado y libre de polvo. Las cajas de plástico transportables conectadas a una bomba de muestreo para muestras de

agua y provistas de aire filtrado a presión positiva son bastante útiles para la recolección de muestras libres de contaminación. Todas las partes del contenedor de muestra, incluido el exterior, deben tratarse como parte de la muestra. Un contenedor de muestra que está sucio en el exterior puede presentar problemas de contaminación a otras muestras. Por esta razón, todas las muestras deben empacarse en bolsas de plástico sin contaminación. El doble embolsado se puede usar para asegurar la limpieza con las manos limpias colocando el recipiente de muestras en la primera bolsa. Limpie las manos y luego coloca el contenedor de muestras embolsado en una segunda bolsa sostenida por el técnico de manos sucias (Gugamsetty, B., 2012).

En los diseños más exitosos y elaborados, una sala limpia en realidad consiste en una serie de salas conectadas de espacio muerto que progresan en limpieza desde las partes regulares del laboratorio hasta las áreas limpias involucradas en la preparación de muestras, preparación de muestras y análisis. (Hussain *et al*, 2011).

### **Instrucciones para el Muestreo de PM2.5 y PM10**

Una definición administrativa de muestreo de aire designada por la EPA de los EEUU. Para cumplir con los requisitos obligatorios con una estrategia de muestreo modificada. Se define como una medición regular de una concentración de PM10 junto con una medición regular de una concentración de PM2.5 restada de ella (uso de PQ200). Ambas concentraciones se miden de forma simultánea e informan sobre una base volumétrica, bajo las condiciones actuales (temperatura ambiente y presión barométrica) en lugar de las condiciones estándar. Aunque la PQ200 está diseñada para muestreo volumétrico, no se requieren cambios en el equipo.

La clave para el muestreo grueso PM efectivo es sincronizar cuidadosamente ambos muestreadores; adaptarse al tiempo, medios de filtración y calibración de los flujos, temperaturas y presiones. (Manual Versión: 1.87, 2010)

### **Preparación del muestreador PQ 200**

Es muy importante que el muestreador se encuentren condiciones óptimas de operación. Se deberán de verificar todas las funciones para asegurarse de que son idénticos, incluyendo las versiones de la programación. Esto incluye cualquier término o nota especial que haya sido ajustado para que aparezca en la descarga. Si utilizan unidades nuevas, ya se han completado los pasos siguientes. Al ajustar unidades usadas previamente, refiérase a este manual como sigue:

- a) Establecer Fecha y Hora
- b) Alimentar la Información del Lugar y Filtro
- c) Verificación del Desempeño
- d) Verificación por Fugas
- e) Verificación de la Temperatura y Presión
- f) Verificación del Caudal (Revisión de la Calibración en Campo)
- g) Verificación de la Operación del Muestreador
- h) Instrucciones para la Descarga de los Datos
- i) Programa PQ200 Job Controller para Windows
- j) Descarga Avanzada

## **CAPÍTULO III:**

### **MÉTODOS**

#### **3.1. Tipo de investigación**

##### **Investigación descriptiva - explicativa**

En este tipo de investigación descriptiva, comprende plantear lo más pertinente de una verdad o circunstancia en particular, quiere decir la medición del material particulado PM<sub>10</sub> en un laboratorio ambiental; Sea como fuere, la investigación expresiva no solo consiste en recopilar y manejar información. El científico debe caracterizar su examen y los procedimientos que incluirá.

El tipo de investigación explicativa es lógico de consulta ya no solo retrata el problema o la maravilla observada, sino que también se acerca e intenta aclarar las causas que iniciaron la situación, Por así decirlo, es la comprensión de una realidad o la aclaración del por qué y para qué del objeto de estudio de la contaminación con PM<sub>10</sub> en un laboratorio ambiental según las causas en varios tipos de estudio, estableciendo fines y aclaraciones para mejorar o explicar las especulaciones, afirmando o no la teoría subyacente.

### **3.2. Diseño de investigación**

La investigación se llevó a cabo en dos tratamientos con 9 repeticiones, haciendo un total de 18 pruebas.

El objetivo es Determinar y evaluar la concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de material particulado PM10 si está dentro los LMP según normativa vigente DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM

### **3.3. Población y muestra**

#### **Población**

Los laboratorios (4) y talleres (2) de la UJCM en San Antonio Facultad de Ingeniería y Arquitectura

#### **Muestra**

Laboratorio (1) de Ingeniería Ambiental de la UJCM en San Antonio Facultad de Ingeniería y Arquitectura

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

- Muestreador PQ200
- Filtro PM10 (. Micro filtro menor que  $10\ \mu\text{m}$ )
- Balanza analítica
- Cuaderno de Campo
- Hojas Excel de vaciado de cuaderno de campo
- Fotos y videos

### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para ver si existe diferencia significativa en la concentración de material particulado PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua se utilizó la prueba T-Student ( $p < 0,05$ ) para una sola muestra con el programa estadístico SPSS V 24.

Para ver si existe diferencia significativa en la concentración de material particulado PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en la parte externa del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua se utilizó la prueba T-Student ( $p < 0,05$ ) para una sola muestra con el programa estadístico SPSS V 24.

Para validar la hipótesis general se comparó los dos resultados de la medición de material particulado con un análisis de varianza, complementándose con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) mediante el programa estadístico Infostat V 2019.

### **3.6. Validez de los instrumentos de investigación**

PQ200 - Método de referencia federal de la EPA de EE. UU. Con corte muy afilado Ciclón o EPA WINS Impactor para PM2.5

El PQ200 y el PQ200A proporcionan datos de referencia y método de auditoría de la EPA para PM10 y PM2.5

Muestreador de aire modelo PQ200 de BGI Incorporated Método de referencia manual: RFPS-1298-125 "Muestreador de aire modelo PQ200 de BGI Incorporated o Mesa Laboratories Incorporated", con entrada PM10 de "placa

plana" o la rejilla entrada especificada en 40 CFR 50 Apéndice L, Figs. L-2 a L-19, configurado como un método de referencia PM10, y operado por un período de muestreo continuo de 24 horas de acuerdo con el Manual de instrucciones del modelo PQ200 y con los requisitos especificados en 40 CFR Parte 50, Apéndice J, y con o sin la fuente de alimentación del panel solar opcional. Registro Federal: vol. 63, página 69625, 17/12/1998 Última modificación: 6/2015

Para la determinación de la partículas en suspensión en el aire de PM<sub>10</sub> se siguió la metodología descrita por Huda et al. (2024) quienes determinaron las PM<sub>2.5</sub>, por diferencia de peso sobre el aire muestreado (ecuación 1),

La concentración de PM<sub>10</sub> se calculó utilizando la ecuación 1:

$$\text{PM}_{10}, \text{ concentración} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial} (\mu\text{g})}{\text{Volumen de aire muestreado}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde el aire total muestreado en 24 horas (m<sup>3</sup>) = tiempo de muestreo de aire en minutos × volumen de aire muestreado (L/min).

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Discusión de resultados variables

**Tabla 2**

*Resultados obtenidos del muestreador PQ200 y PM10 LABORATORIO INTERIOR*

| FECHA     | MUESTREADOR PQ 200 PM 10 |                |             |         |               | MASA DE FILTRO DE PAPEL |      |                   |
|-----------|--------------------------|----------------|-------------|---------|---------------|-------------------------|------|-------------------|
|           | TIEMPO                   | VOLUMEN        | CAUDAL<br>Q | PRESION | TEMP.<br>PROM | MASA                    | MASA | PM10              |
|           | HORAS                    | m <sup>3</sup> | Lpm         | mmHg    | °C            | g                       | µg   | µg/m <sup>3</sup> |
| 1/10/2019 | 24:00                    | 24.02          | 16.7        | 653     | 20.1          | 0.000427                | 427  | 17.777            |
| 2/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7        | 652     | 21.4          | 0.000610                | 610  | 25.385            |
| 3/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7        | 650     | 21.4          | 0.000437                | 437  | 18.186            |
| 4/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7        | 650     | 21.35         | 0.000309                | 309  | 12.859            |
| 5/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7        | 650     | 21.8          | 0.000321                | 321  | 13.358            |
| 6/10/2019 | 24:00                    | 24.03          | 16.7        | 650     | 21.85         | 0.000302                | 302  | 12.568            |
| 7/10/2019 | 24:00                    | 24.03          | 16.7        | 650     | 22.35         | 0.000392                | 392  | 16.313            |
| 8/10/2019 | 24:00                    | 24.03          | 16.7        | 650     | 23.1          | 0.000411                | 411  | 17.104            |
| 9/10/2019 | 23:59                    | 24.02          | 16.7        | 650     | 23.45         | 0.000343                | 343  | 14.280            |

Nota. La tabla. Muestra los resultados de los parámetros obtenidos en el muestreador y donde se obtuvo con la masa del papel filtro PM10 los resultados en el interior del laboratorio ambiental

**Tabla 3***Resultados obtenidos del muestreador PQ200 y PM10 LABORATORIO EXTERIOR*

| FECHA      | MUESTREADOR PQ 200 PM 10 |                |          |         |            | MASA DE PAPEL FILTRO |      |                   |
|------------|--------------------------|----------------|----------|---------|------------|----------------------|------|-------------------|
|            | TIEMPO                   | VOLUMEN        | CAUDAL Q | PRESION | TEMP. PROM | MASA                 | MASA | PM10              |
|            | HORAS                    | m <sup>3</sup> | Lpm      | mmHg    | °C         | g                    | µg   | µg/m <sup>3</sup> |
| 10/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7     | 649     | 19.6       | 0.001                | 1036 | 43.113            |
| 11/10/2019 | 23:59                    | 24.02          | 16.7     | 651     | 20.1       | 0.0011               | 1086 | 45.212            |
| 12/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7     | 650     | 20.3       | 0.001                | 1046 | 43.529            |
| 13/10/2019 | 24:00                    | 24.03          | 16.7     | 649     | 20.5       | 0.0011               | 1081 | 44.985            |
| 14/10/2019 | 24:00                    | 24.03          | 16.7     | 650     | 19.1       | 0.001                | 1030 | 42.863            |
| 15/10/2019 | 24:00                    | 24.03          | 16.7     | 651     | 19.45      | 0.001                | 1009 | 41.989            |
| 16/10/2019 | 24:00                    | 24.03          | 16.7     | 650     | 19.9       | 0.001                | 1011 | 42.072            |
| 17/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7     | 652     | 19.55      | 0.0011               | 1078 | 44.861            |
| 18/10/2019 | 23:59                    | 24.03          | 16.7     | 650     | 19.6       | 0.0011               | 1050 | 43.695            |

Nota. De la tabla 3. Muestra los resultados de los parámetros obtenidos en el muestreador y donde se obtuvo con la masa del papel filtro PM0 los resultados en el exterior del laboratorio ambiental

## 4.2. Contrastación de la hipótesis

### Hipótesis general

La medición del material particulado PM<sub>10</sub> permite determinar la contaminación ambiental en el laboratorio de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.

### Hipótesis alterna (H<sub>a</sub>)

La contaminación ambiental por material particulado PM<sub>10</sub> dentro y fuera del laboratorio de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua son diferentes.

### Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

La contaminación ambiental por material particulado PM<sub>10</sub> dentro y fuera del laboratorio de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua son iguales.

### 4.3. Discusión de Resultados

#### 4.3.1. Concentración de material particulado PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua

**Tabla 4**

*Datos descriptivos de la concentración de material particulado en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

|          |   | <b>Descriptivos</b> |             |            |
|----------|---|---------------------|-------------|------------|
|          |   |                     | Estadístico | Error típ. |
| INTERIOR | Media                                       |                     | 16,4256     | 1,32960    |
|          | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior     | 13,3595     |            |
|          |   | Límite superior     | 19,4916     |            |
|          | Media recortada al 5%                       |                     | 16,1421     |            |
|          | Mediana                                     |                     | 16,3130     |            |
|          | Varianza                                    |                     | 15,911      |            |
|          | Desv. típ.                                  |                     | 3,98881     |            |
|          | Mínimo                                      |                     | 12,57       |            |
|          | Máximo                                      |                     | 25,39       |            |
|          | Rango                                       |                     | 12,82       |            |
|          | Amplitud intercuartil                       |                     | 4,87        |            |
|          | Asimetría                                   |                     | 1,484       | ,717       |
|          | Curtosis                                    |                     | 2,782       | 1,400      |

Nota. Al evaluar los datos con la prueba de normalidad de Shairo-Will indico que los datos se encuentran distribuidos normalmente pudiendo afirmar como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 5**

*Prueba de normalidad a los datos de la contaminación por PM10 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

|          | Shapiro-Wilk |             |    |      |
|----------|--------------|-------------|----|------|
|          | Estadístico  | Estadístico | gl | Sig. |
| Interior | ,218         | ,852        | 9  | ,079 |

Nota. La prueba T Student para una sola muestra de la contaminación por partículas menores PM10 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua reportó que no existe diferencias significativas entre los datos, todos son similares con un 95 % de confianza, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (datos iguales) y se rechaza la hipótesis alterna (datos diferentes).

**Tabla 6**

*Prueba T Student para una sola muestra de la contaminación por partículas menores PM10 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

### Prueba para una muestra

| Valor de prueba = 16.43         |       |    |                  |                      |          |          |
|---------------------------------|-------|----|------------------|----------------------|----------|----------|
| 95% Intervalo de confianza para |       |    |                  |                      |          |          |
| la diferencia                   |       |    |                  |                      |          |          |
|                                 | T     | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Inferior | Superior |
| Interior                        | -,003 | 8  | ,997             | -,00444              | -3,0705  | 3,0616   |

#### 4.1.2 Concentración de material particulado PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en la parte externa del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua

**Tabla 7**

*Datos descriptivos de la concentración de material particulado en el exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

| Descriptivos |                             |                 |            |
|--------------|-----------------------------|-----------------|------------|
|              |                             | Estadístico     | Error típ. |
| Exterior     | Media                       | 43,5910         | ,40536     |
|              | Intervalo de confianza para | Límite inferior | 42,6562    |
|              | la media al 95%             | Límite superior | 44,5258    |
|              | Media recortada al 5%       |                 | 43,5899    |
|              | Mediana                     |                 | 43,5290    |
|              | Varianza                    |                 | 1,479      |
|              | Desv. típ.                  |                 | 1,21607    |
|              | Mínimo                      |                 | 41,99      |
|              | Máximo                      |                 | 45,21      |
|              | Rango                       |                 | 3,22       |
|              | Amplitud intercuartil       |                 | 2,46       |
|              | Asimetría                   |                 | ,081       |
|              | Curtosis                    |                 | ,717       |
|              |                             |                 | 1,400      |

Nota. Al evaluar los datos con la prueba de normalidad de Shairo-Will indico que los datos se encuentran distribuidos normalmente pudiendo afirmar como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 8**

*Prueba de normalidad a los datos de la contaminación por PM10 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

|          | Shapiro-Wilk |             |    |      |
|----------|--------------|-------------|----|------|
|          | Estadístico  | Estadístico | gl | Sig. |
| Exterior | ,185         | ,917        | 9  | ,366 |

Nota. La prueba T Student para una sola muestra de la contaminación por partículas menores PM10 en el exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua (Tabla 6) reportó que no existe diferencias significativas entre los datos, todos son similares con un 95 % de confianza, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (datos iguales) y se rechaza la hipótesis alterna (datos diferentes).

**Tabla 9**

*Prueba T Student para una sola muestra de la contaminación por partículas menores PM10 en el exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

| <b>Prueba para una muestra</b>     |      |    |                  |        |          |          |
|------------------------------------|------|----|------------------|--------|----------|----------|
| Valor de prueba = 43.59            |      |    |                  |        |          |          |
| 95% Intervalo de confianza para la |      |    |                  |        |          |          |
| Diferencia de                      |      |    |                  |        |          |          |
| diferencia                         |      |    |                  |        |          |          |
|                                    | t    | gl | Sig. (bilateral) | medias | Inferior | Superior |
| Exterior                           | ,002 | 8  | ,998             | ,00100 | -,9338   | ,9358    |

La tabla 2 y 3 muestra los resultados de las partículas menores (PM10) en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua, en el interior estuvieron entre 12,568 a 25,385 PM10 y en el exterior de 41,989 a 45,212 PM10.

**Tabla 10**

*Resultados de las partículas menores (PM10) en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

| N° | PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |          |
|----|-----------------------------------|----------|
|    | Interior                          | Exterior |
| 1  | 17,777                            | 43,113   |
| 2  | 25,385                            | 45,212   |
| 3  | 18,186                            | 43,529   |
| 4  | 12,859                            | 44,985   |
| 5  | 13,358                            | 42,863   |
| 6  | 12,568                            | 41,989   |
| 7  | 16,313                            | 42,072   |
| 8  | 17,104                            | 44,861   |

Nota. De los resultados de material particulado menores a 10 micras en el interior y exterior de laboratorio de la UJCM

Según la tabla 9 de análisis de varianza partículas menores (PM10) en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua indica que existe una elevada diferencia significativa ( $p < 0,01$ ) entre los dos tratamientos con un coeficiente de variabilidad de 9,826 %, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza de las partículas menores (PM10) en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

| Origen      | Suma de cuadrados tipo III | gl | Media cuadrática | F       | Sig.   |
|-------------|----------------------------|----|------------------|---------|--------|
| Tratamiento | 3 320,826                  | 1  | 3 320,826        | 381,937 | 0,0001 |
| Error       | 139,115                    | 16 | 8,695            |         |        |
| Total       | 3 459,941                  | 17 |                  |         |        |

**CV=9,826 %**

La tabla 11 prueba de rango múltiple de Tukey ( $P < 0,05$ ): PM10 en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua reporta que la menor contaminación por PM10 se dio en el interior de los laboratorios con un promedio de datos de 16,426 y se diferenció con respecto al tratamiento T2 que tuvo 43,591 PM10.

**Tabla 12**

*Prueba de rango múltiple de Tukey ( $P < 0,05$ ): PM10 en el interior y exterior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua*

| <b>N°</b> | <b>Tratamiento</b>            | <b>Promedio<br/>(PM10)</b> | <b>Significancia</b> |
|-----------|-------------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1         | T1 (interior del laboratorio) | 16,426                     | a                    |
| 2         | T2 (exterior del laboratorio) | 43,591                     | b                    |

Nota. De la tabla anterior se muestra los tratamientos T1 y T2 interior y exterior de laboratorio

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

La contaminación ambiental con PM 10 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua es menor que en la parte exterior ( $p < 0,05$ ).

Al medir la concentración de material particulado PM 10 en el interior del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua tuvo una distribución normal y estuvo desde 12,568 a 25,385  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Al medir la concentración de material particulado PM 10 en el exterior del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua tuvo una distribución normal y estuvo entre 41,989 a 45,212  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## **5.2. Recomendaciones**

Se debe medir la concentración de material particulado PM 10 y PM 2,5 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua en diferente época del año y demás componentes químicos.

Se debe medir la concentración de material particulado PM 10 y PM 2,5 en el interior de los laboratorios de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua en diferente época del año y demás componentes químicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Academia Nacional de Medicina de México. (2015). La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *Revista de La Facultad de Medicina de La UNAM*, 58(5), 44–47. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0026-17422015000500044](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422015000500044)
- Aragón-Piña, A., Campos-Ramos, A. A., Leyva-Ramos, R., Hernández-Orta, M., Miranda-Ortiz, N., & Luszczewski-Kudra, A. (2006). Influencia de emisiones industriales en el polvo atmosférico de la ciudad de San Luis Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 22(1), 5–19. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v22n1/0188-4999-rica-22-01-5.pdf>
- Canales-Rodríguez, M. A., Quintero-Núñez, M., Castro-Romero, T. G., & García-Cuento, R. O. (2014). Las partículas respirables PM10 y su composición química en la zona Urbana y rural de Mexicali, Baja California en México. *Informacion Tecnologica*, 25(6), 13–22. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600003>
- Castillo, I. de la C., Bolufé, J., & López, R. (2023). Incidencia de la contaminación atmosférica en las crisis agudas de asma bronquial e infecciones respiratorias agudas. *Revista Cubana de Meteorología*, 29(3). <https://cu-id.com/2377/v29n3e08>
- Ferrari, L., & Guariso, G. (2024). Convolutional Forecasting of Particulate Matter: Toward a Data-Driven Generalized Model. *Atmosphere*, 15(4), 398. <https://doi.org/10.3390/atmos15040398>
- Hernández, E., Martínez, A., Schalm, O., González, R. A., & Hernández, L. (2020). Diseño de un sistema de medición y monitoreo de variables asociadas a calidad del aire. *Departamento de Control Automático*, 44(2), 35–44.
- Huda, R. K., Kumar, P., Gupta, R., Sharma, A. K., Toteja, G. S., & Babu, B. V. (2024). *Air Quality Monitoring Using Low-Cost Sensors in Urban Areas of Jodhpur* ,

- Rajasthan*. 21(5), 623. <https://doi.org/10.3390/ijerph21050623>
- Lee, K., & Cho, H. (2024). Comparative Analysis of Performance and Emission Characteristics of Biodiesels from Animal Fats and Vegetable Oils as Fuel for Common Rail Engines. *Energies*, 17(7), 1711. <https://doi.org/10.3390/en17071711>
- Molina, E. (2015). *Contaminantes biológicos del aire interior de la vivienda: factores contribuyentes, afecciones relacionadas y medidas correctivas*. 53(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032015000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032015000100008)
- Ramos, R. (2023). Relación entre el material particulado (PM10), los parámetros meteorológicos y la concentración de esporas fúngicas en la atmósfera de la plaza San Martín de Lima. *Ecología Aplicada*, 22(1), 35–41. <https://doi.org/10.21704/rea.v22i1.1927>
- Rojas-Rueda, D., Lamsal, S., Kak, M., El-saharty, S., & Herbst, C. H. (2024). *Public Health Impacts of Ambient Particulate Matter Pollution in Libya from 1990 to 2019 : An Analysis of the 2019 Global Burden of Disease ( GBD ) Study*. 21(6), 667. <https://doi.org/doi.org/10.3390/ijerph21060667>
- Santillán, P., Rodríguez, M., Orozco, J., Ríos, I., & Bayas, K. (2021). Evaluación de la concentración y distribución espacial de material particulado en los campus de la UNACH - Riobamba. *Novasinería Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 4(2), 111–126. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.07>
- Wang, X., Dewancker, B. J., Tian, D., & Zhuang, S. (2024). *Exploring the Burden of PM2.5-Related Deaths and Economic Health Losses in Beijing*. 12(6), 377. <https://doi.org/10.3390/toxics12060377>