

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Y FORESTAL**



**"CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN FUNCIÓN A
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y MATERIAL PARTICULADO
DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2023"**

Bach. Fredy Mullisaca Apaza

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: M. Sc. Hugo Apaza Aquino

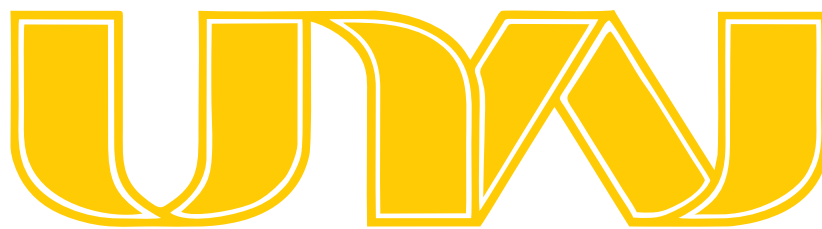


JULIACA, 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Y FORESTAL**



**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN FUNCIÓN A
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y MATERIAL PARTICULADO
DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2023”**

Bach. Fredy Mullisaca Apaza

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: M. Sc. Hugo Apaza Aquino



JULIACA, 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL



**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN FUNCIÓN A
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y MATERIAL PARTICULADO
DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2023”**

Bach. Fredy Mullisaca Apaza

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
FORESTAL**

Asesor: M. Sc. Hugo Apaza Aquino

Juliaca, 2024

Mullisaca, F. (2024). *Caracterización de la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de san miguel – 2023*, (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Fredy Mullisaca Apaza

TÍTULO: Caracterización de la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de san miguel - 2023

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (123)

NOTA: Tesis (**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal**) – Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 01-000042-01/M93

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: M. Sc. Hugo Apaza Aquino

PALABRAS CLAVE: Aire, material particulado, microorganismos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL

**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN FUNCIÓN A PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y MATERIAL PARTICULADO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL
– 2023”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Presentado por:

Bach. Fredy Mullisaca Apaza

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

M. Sc. Eliana Mullisaca Contreras
PRESIDENTE DE JURADO



M. Sc. Godofredo Huanca Chambi
JURADO (Secretario)




2° MIEMBRO

M. Sc. Milton Quispe Tisnado
JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



M. Sc. Hugo Apaza Aquino
ASESOR DE TESIS

Fredy Mullisaca Apaza

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN FUNCIÓN A PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y MATERIAL PARTICULAD...

Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:435794030

Fecha de entrega

3 mar 2025, 9:07 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

6 mar 2025, 10:59 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

BORRADOR DE THESIS-FREDY MULLISACA APAZA.pdf

Tamaño de archivo

10.0 MB

123 Páginas

18,439 Palabras

102,305 Caracteres

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

10% Fuentes de Internet

2% Publicaciones

8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión



Texto oculto

4 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Página 1 of 130 - Portada

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía espiritual y las bendiciones que me brinda para lograr mis objetivos y metas.

A mis adorados y apreciados padres, por darme la vida y el apoyo que me dan día a día para seguir escalando a lo largo de mi vida, gracias por la motivación que me brindaron en poder convertirme en la persona profesional que soy ahora.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal de la Universidad Nacional de Juliaca, quienes me brindarme sus conocimientos académicos y motivación en mi formación profesional.

Fredy Mullisaca Apaza

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por el apoyo espiritual y por haberme dado la vida, acompañado a lo largo de mi formación profesional, por darme la sabiduría y fortaleza para lograr mis objetivos.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal de Universidad Nacional de Juliaca, que me brindo todos los recursos necesarios y por haberme acogido en sus instalaciones y contribuye en mi formación profesional, que nos prepara para este un futuro competitivo y nos forma como personas de bien

A mi asesor de tesis Mg. Hugo Apaza Aquino, por el apoyo y soporte en todo el proceso de esta investigación.

Al personal de laboratorio generales de la UNAJ por su indispensable colaboración y apoyo para que todo fluyera, al Lic. Eliana.

A mis profesores durante toda mi carrera profesional por sus consejos y su enseñanza

A mis amigos que siempre estuvieron ahí para brindarme un consejo y para compartir conmigo momentos inmemorables.

Fredy Mullisaca Apaza

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	19

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción del problema	21
1.2. Formulación del problema	22
1.2.1. Problema general.....	22
1.2.2. Problemas específicos	22
1.3. Objetivos de la investigación	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Justificación de investigación	23
1.4.1. Justificación Ambiental.....	23
1.4.2. Justificación Social.....	23
1.4.3. Justificación Técnica	24

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes	25
-------------------------	----

2.1.1. Investigaciones a nivel global	25
2.1.2. Investigaciones a nivel nacional.....	26
2.1.3. Investigaciones a nivel local.....	27
2.2. Marco teórico	29
2.2.1. Aire.....	29
2.2.2. Calidad del aire.....	29
2.2.3. Contaminación del aire.....	29
2.2.4. Dispersión de los contaminantes del aire	30
2.2.5. Tipos de contaminantes	30
2.2.6. Efectos dañinos del material particulado.....	31
2.2.7. Enfermedades transmitidas por el aire	32
2.2.8. Enfermedades asociadas a la calidad del aire.....	32
2.2.9. Relación del tamaño del material particulado y sus efectos en la salud.....	33
2.2.10. Muestreador de alto volumen (Hi vol)	34
2.2.11. Calidad microbiológica del aire	34
2.2.12. Contaminación biológica.....	35
2.2.13. Microorganismos en el aire	35
2.2.14. Medios de cultivo microbiológico.....	43
2.2.15. Variables meteorológicas	44
2.2.16. Normatividad calidad del aire	45
2.2.17. Niveles de bacterias y hongos presentes en el aire.....	47

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio	49
3.1.1. Límites.....	49

3.2.	Tipo y nivel de investigación	51
3.3.	Población, tamaño de muestran y unidad de estudio	51
3.4.	Materiales.....	51
3.4.1.	Materiales de plásticos	51
3.4.2.	Materiales de vidrio.....	51
3.4.3.	Reactivos	51
3.4.4.	Equipos.....	51
3.4.5.	Software.....	52
3.4.6.	Insumos	52
3.4.7.	Otros	52
3.5.	Procedimiento metodológico	52
3.5.1.	Puntos de monitoreo.....	52
3.5.2.	Identificación de los puntos de muestreo	54
3.5.3.	Metodología para el muestreo de material particulado (PM _{2.5} y PM ₁₀).....	54
3.5.4.	Metodología para el muestreo microbiológico.....	56
3.5.5.	Determinación parámetros meteorológicos.....	59
3.5.6.	Diseño experimental.....	59
3.5.7.	Análisis estadístico	60

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Concentración de PM _{2.5} y PM ₁₀ y factores meteorológicos	62
4.1.1.	Concentración de PM _{2.5}	62
4.1.2.	Concentración de PM ₁₀	65
4.1.3.	Variables meteorológicas	66
4.2.	Cantidad de bacterias y hongos UFC / m ³ en el aire.....	69

4.2.1. Cantidad de bacterias UFC / m ³ en el aire.....	69
4.2.2. Cantidad de hongos UFC / m ³ en el aire	71
4.3. Caracterizaciones morfológicas de microorganismos.....	73
4.3.1. Observación microscópica de bacterias	73
4.3.2. Observación microscópica de hongos	74
4.4. Análisis estadístico.....	75
4.4.1. Relación entre las concentraciones de PM _{2.5} y elementos meteorológicos.....	75
4.4.2. Relación entre las concentraciones de PM ₁₀ y elementos meteorológicos	76
4.4.3. Relación entre la cantidad de UFC/m ³ (Bacteria) y elementos meteorológicos.....	77
4.4.4. Relación entre la cantidad de UFC/m ³ (hongos) y elementos meteorológicos .	78

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	80
5.2. Recomendaciones	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire.....	36
Tabla 2 Principales características que diferencian a las bacterias Grampositivas y Gramnegativas.....	40
Tabla 3 Enfermedades bacterianas transmitidas por el aire	41
Tabla 4 Enfermedades víricas transmitidas por el aire.....	43
Tabla 5 Estándares de calidad de aire (ECA).....	45
Tabla 6 Niveles de UFC / m ³ de bacterias en aire	47
Tabla 7 Niveles UFC / m ³ de hongos en aire	48
Tabla 8 Los límites que presenta el distrito San Miguel	49
Tabla 9 Puntos de monitoreo	52
Tabla 10 Ubicación de puntos de monitoreo	62
Tabla 11 Concentración de PM _{2.5} en cada una de las estaciones de monitoreo	63
Tabla 12 Concentración de PM ₁₀ en cada una de las estaciones de monitoreo.....	65
Tabla 13 Promedio diario de factores meteorológicos para monitoreo de material particulado	67
Tabla 14 Factores meteorológicos para monitoreo de microorganismos.	68
Tabla 15 Cantidad de bacterias UFC / m ³ en el aire.....	70
Tabla 16 Cantidad de hongos UFC / m ³ en el aire	71
Tabla 17 Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de PM _{2.5} y variables meteorológicas	76
Tabla 18 Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de PM ₁₀ y variables meteorológicas	76
Tabla 19 Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de UFC/m ³ (Bacteria) y variables meteorológicas.....	77
Tabla 20 Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de UFC/m ³ (Hongos) y variables meteorológicas.....	78
Tabla 21 Ecuaciones de regresiones lineales múltiples para diferentes elementos.....	79
Tabla 22 Cálculo de concentración de PM ₁₀	97
Tabla 23 Cálculo de concentración de PM _{2.5}	97
Tabla 24 Cálculo de cantidad UFC/m ³ (Bacterias)	98

Tabla 25 Cálculo de cantidad UFC/m ³ (Hongos).....	98
Tabla 26 Datos tomados en el punto de muestreo N° 01	99
Tabla 27 Datos tomados en el punto de muestreo N° 02	100
Tabla 28 Datos tomados en el punto de muestreo N° 03	101
Tabla 29 Datos tomados en el punto de muestreo N° 04	102
Tabla 30 Datos tomados en el punto de muestreo N° 05	103
Tabla 31 Datos tomados en el punto de muestreo N° 06	104
Tabla 32 Operacionalización de variables.....	105
Tabla 33 Matriz de consistencia	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Composición del Aire	29
Figura 2: Comparación de tamaño de las partículas (PM)	31
Figura 3: Comportamiento de material particulado en el cuerpo	33
Figura 4: Áreas en peligro por el tamaño del contaminante de aire	33
Figura 5: Muestreador de alto volumen Hivol.	34
Figura 6: Formas de bacterias.....	38
Figura 7: Características de Bacterias Gram positivas y Gram negativas	39
Figura 8. Mapa de ubicación de zona de estudio.....	50
Figura 9: Mapa de ubicación de puntos de monitoreo del Distrito de San Miguel.	53
Figura 10: Diseño de distribución equitativa de medios de cultivo	57
Figura 11: Diseño experimental	60
Figura 12. Concentración PM _{2.5} comparados con la normativa nacional estándares de calidad Ambiental para Aire	63
Figura 13. Resultados de concentración PM ₁₀ comparados los estándares de calidad Ambiental de Aire	65
Figura 14. Factores meteorológicos para monitoreo de material particulado.	67
Figura 15. Factores meteorológicos para monitoreo de microorganismos.....	69
Figura 16. Cantidad de unidades formadora de colonia de bacterias UFC/m ³	70
Figura 17. Cantidad de unidades formadora de colonia de hongos UFC/m ³	72
Figura 18. UFC/m ³ de bacterias en el agar BHI.....	73
Figura 19. Bacillus sp. a través de un microscopio electrónico.	73
Figura 20. Placas petri con crecimiento de hongos.	74
Figura 22. Aspergillus sp.....	74
Figura 21.. Penicillum sp.....	74
Figura 23. Instalación de equipos de monitoreo de PM _{2.5} y PM ₁₀ y estación meteorológica. .	110
Figura 24. Filtro de cuarzo para PM _{2.5} y PM ₁₀	110
Figura 25. Toma de peso inicial del filtro.	110
Figura 26. Colocación de filtro al portafiltro del muestreador.	111
Figura 27. Configuración del muestreador Hivol 3000.....	111
Figura 28. Descarga de datos del monitor del Hivol.....	111

Figura 29. Toma de peso final del filtro.	111
Figura 30. Visualización del filtro después de 24 horas.	112
Figura 31. Colocación de nuevo filtro para el siguiente punto de monitoreo.	112
Figura 32. Inicio de monitoreo en siguiente punto de monitoreo.	112
Figura 33. Datos de filtros de cuarzo para su procesamiento.	112
Figura 34. Lavado de placas petri.	113
Figura 35. Autoclavado de placa petri y matraz enlermeyer.	113
Figura 36. Agar sabourand y BHI.	113
Figura 37. Pesado de agar sabourand y BHI.	113
Figura 38. Mezcla de agua destilada junto a agar Sabouraud y BHI.	114
Figura 39. Llenado de placas petri con medios de cultivo.	114
Figura 40. Medios de cultivo listos para muestreo microbiológico.	114
Figura 41. Conservación de medios de cultivo a 4°C.	114
Figura 42. Muestras listas para llevar al campo para su muestreo de microorganismos.	115
Figura 43. Exposición de muestras microbiológicas al medio ambiente.	115
Figura 44. Toma de datos en el campo.	115
Figura 45. Toma de muestra microbiológica en el PM-01.	116
Figura 46. Toma de muestra microbiológica en el PM-02.	116
Figura 47. Toma de muestra microbiológica en el PM-03.	117
Figura 48. Toma de muestra microbiológica en el PM-04.	117
Figura 49. Toma de muestra microbiológica en el PM-05.	118
Figura 50. Toma de muestra microbiológica en el PM-06.	118
Figura 51. Incubación de muestras.	119
Figura 52. Muestras de agar BHI en cuenta colonias.	119
Figura 53. Unidades formadoras de colonia de bacterias en el agar BHI.	119
Figura 54. Esterilización de asa bacteriológica.	119
Figura 55. Reactivos de tinción gram.	120
Figura 56. Observación de bacterias a través de un microscopio electrónico.	120
Figura 57. Porta objetos con muestras microbiológicas para su observación en el microscopio.	120
Figura 58. Bacterias gran negativas del género bacillus sp.	121

Figura 59. Tinción de azul de latofenol para hongos.	121
Figura 60. UFC/m ³ de hongos en el agar sabouraud.	121
Figura 61. Portaobjetos con muestras de hongos para su observación en el microscopio electrónico.	122
Figura 62. Observación de hongos en el microscopio electrónico.	122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de concentración de medios de cultivo para su difusión	96
Anexo 2. Cálculo de concentración de PM _{2.5} y PM ₁₀	97
Anexo 3. Cálculo de concentración UFC/m ³	98
Anexo 4. Datos meteorológicos tomados en el campo.....	99
Anexo 5. Operacionalización de variables	105
Anexo 6. Matriz de consistencia	106
Anexo 7. Informe de calibración de equipos de Hivol PM _{2.5} y PM ₁₀	107
Anexo 8. Constancia de uso de laboratorios genéreles.	109
Anexo 9. Fotografías de monitoreos de PM _{2.5} , PM ₁₀ y microorganismos en el distrito de San Miguel.....	110

RESUMEN

En la actualidad la contaminación del aire por el material particulado y microbiológico es uno de los principales problemas que enfrentan las diferentes ciudades del mundo y especialmente el distrito de San Miguel no es ajeno a esta contaminación que a concentraciones altas puede causar problemas en la salud de la población. El objetivo de esta investigación fue caracterizar los parámetros microbiológicos y material particulado para evaluar la calidad de aire del distrito de San Miguel – 2023. El monitoreo tanto de material particulado y microorganismos se realizó en época de estiaje (septiembre) y se ubicaron en 6 estaciones de monitoreo; en donde se tomaron un total de 24 muestras (6 muestras para determinar la concentración de $PM_{2.5}$, 6 muestras para determinar la concentración de PM_{10} , 6 muestras para determinar la concentración de microorganismos-hongos y 6 muestras para determinar la concentración de microorganismos – bacterias). La determinación de $PM_{2.5}$ y PM_{10} se realizó mediante el método gravimétrico, los microorganismos mediante técnica de sedimentación pasiva por placas Petri y las variables meteorológicas mediante una estación meteorológica portátil RainWise. Los resultados indican los siguientes valores para $PM_{2.5}$, en los puntos de muestreo PM-01, PM-02, PM-05 y PM-06 se muestra concentraciones de 83.95, 71.04, 63.74, 59.67 $\mu g/m^3$, los cuales sobrepasan la normativa nacional (ECA) y de la misma forma para PM_{10} en los puntos PM-01, PM-02, PM-05 y PM-06, muestran concentraciones de 148.97, 127.01, 124.08 y 112.04 $\mu g/m^3$, los cuales sobrepasan la normativa. Los valores más representativos de UFC/ m^3 (bacterias) fue en el punto de muestreo PM-05 con una cantidad de 137.54 UFC/ m^3 , catalogado como nivel intermedio y para UFC/ m^3 (Hongos) PM-01, PM-02 y PM-05 correspondientes con una concentración de 127.72, 108.07 y 157.19 UFC/ m^3 , catalogado como nivel intermedio por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Además, existe una correlación significativa entre las variables dependientes (concentración de material particulado y cantidad de microorganismos) y variables independientes (temperatura, humedad y velocidad).

Palabras clave: Aire, material particulado, microorganismos.

ABSTRACT

Currently, air pollution by particulate and microbiological matter is one of the main problems faced by different cities in the world and especially the district of San Miguel is not alien to this pollution that at high concentrations can cause health problems for the population. The objective of this research was to characterize the microbiological parameters and particulate matter to evaluate the air quality of the district of San Miguel - 2023. The monitoring of both particulate matter and microorganisms was carried out during the dry season (September) and was located in 6 monitoring stations; where a total of 24 samples were taken (6 samples to determine the concentration of PM_{2.5}, 6 samples to determine the concentration of PM₁₀, 6 samples to determine the concentration of microorganisms-fungi and 6 samples to determine the concentration of microorganisms - bacteria). The determination of PM_{2.5} and PM₁₀ was carried out using the gravimetric method, the microorganisms by passive sedimentation technique with Petri dishes and the meteorological variables by a portable RainWise meteorological station. The results indicate the following values for PM_{2.5}, at the sampling points PM-01, PM-02, PM-05 and PM-06, concentrations of 83.95, 71.04, 63.74, 59.67 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ are shown, which exceed the national regulations (ECA) and in the same way for PM₁₀ at points PM-01, PM-02, PM-05 and PM-06, concentrations of 148.97, 127.01, 124.08 and 112.04 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ are shown, which exceed the regulations. The most representative values of UFC/m³ (bacteria) were at the sampling point PM-05 with a quantity of 137.54 UFC/m³, cataloged as intermediate level and for UFC/m³ (Fungi) PM-01, PM-02 and PM-05 corresponding with a concentration of 127.72, 108.07 and 157.19 UFC/m³, cataloged as intermediate level by the World Health Organization (WHO). In addition, there is a significant correlation between the dependent variables (concentration of particulate matter and quantity of microorganisms) and independent variables (temperature, humidity and speed).

Keywords: Air, microorganisms, particulate matter.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación del aire es uno de los principales problemas que es cada vez más preocupante ya que constituye un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente (Magaña-Villegas et al., 2020), todo esto trae consigo la urbanización y la modernización de las ciudades, donde hace que incrementen las fuentes de emisión, por ello contribuye a la heterogeneidad de la composición de las partículas (PM) y aumenta el riesgo para la salud de la población (Beringui et al., 2021), al mismo tiempo el crecimiento de los centros urbanos, instalaciones industriales y del parque vehicular son problemas que provoca daños ambientales y afecta la salud humana, principalmente por la inhalación de material particulado fino (PM_{2.5}) (Santos et al., 2019), debido a ello, los principales entes gubernamentales tienen que establecer estrategias para su monitoreo y control mediante estaciones fijas (Eslava Pedraza et al., 2021).

La población del distrito de San Miguel de la provincia de San Román, no es ajeno a esta contaminación por material particulado y microbiológico. De acuerdo al reporte realizado por la Municipalidad Distrital de San Miguel en el año 2021, la contaminación del aire es generada principalmente por el parque automotor con una aportación de 54.6%, seguido por la quema de residuos sólidos, primordialmente en zonas alejadas de la comuna distrital, con una aportación del 23.3%, además se da por los locales dedicados a la venta de comidas como son las pollerías, restaurantes, quintas, etc., siendo estos contaminantes del aire en un 22.1%, además se tiene la mala gestión de residuos sólidos en donde estas podrían ser uno de las principales fuentes donde se generan los diferentes tipos de microorganismo que son dañinos para la salud de la población (Municipalidad Distrital de San Miguel, 2021), siendo todo esto responsable del aumento en la incidencia y número de muertes por enfermedades cardiopulmonares, al mismo tiempo contribuye al calentamiento global y por consiguiente al cambio climático asociado a eventos extremos y desequilibrios ambientales (De Paula Santos et al., 2021)

El material particulado es uno de los principales contaminantes del aire que causa serios problemas a la salud (Asghar et al., 2024), al mismo tiempo es el contaminante más ligado con enfermedades cardíacas y respiratorias en todo el mundo (García Delgadillo, 2022), donde la Organización Mundial de la Salud especifica que más de tres millones de muertes al año por enfermedades cardiopulmonares están relacionadas con la exposición a la contaminación del aire (Rodríguez-Camargo et al., 2020), especialmente el material particulado la PM_{2.5}

micrómetros son capaces de penetrar los pulmones profundamente y entrar en el torrente sanguíneo, lo cual afecta a los sistemas cardiovascular, cerebrovascular (accidentes cerebrovasculares) y respiratorios, al mismo tiempo estas pueden afectar otros órganos y de la misma manera puede ocasionar otras enfermedades (OMS, 2022), además cuando el material particulado entra en contacto el sistema respiratorio, puede causar alergias, inflamación pulmonar y enfermedades cardiovasculares (Rodríguez-Cotto, 2015), en donde los individuos más vulnerables a contraer estas enfermedades que afectan al sistema respiratorio son los adultos mayores y niños ya que en ellos se presentan infecciones crónicas y agudas que dañan las vías respiratorias e incluso llevándolos a la muerte (Robles et al., 2019), Por otro lado la dispersión de muchos tipos de microorganismos (esporas, bacterias, virus y hongos), procedentes de otros ambientes, son dispersados por el aire, donde tienen una gran importancia biológica y económica, ya que ellos originan enfermedades en plantas, animales y seres humanos donde las bacterias, virus y hongos son los que generan enfermedades respiratoria como la neumonía, tos convulsiva, tuberculosis, resfriado, gripe (Zaravia, 2014).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En los últimos años, debido al aumento de la población, la industrialización y el uso del transporte, la contaminación del aire es un grave problema al que el mundo se enfrenta cada día (Gamboa, 2021), al mismo tiempo esta es un problema sanitario mundial de alta prioridad, donde estas causan efectos nocivos para la salud y como también para el progreso económico (Kotsyfakis et al., 2019), de la misma forma Múltiples estudios han demostrado que la exposición a PM puede ejercer efectos adversos en el corazón y los pulmones tanto en animales como en seres humanos (Pinkerton et al., 2019), además la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 4,2 millones de personas mueren cada año a causa de la contaminación del aire por material particulado (Shaddick et al., 2020) de la misma forma al estar expuesto a la intemperie y la inhalación de los microorganismos, tales como bacterias y hongos pueden causar algunos efectos perjudiciales para la salud, especialmente en personas con baja inmunidad (Salunkhe et al., 2024); ya que el aire es una de las vías críticas para la propagación de microorganismos y enfermedades causando infecciones dañinas (Song et al., 2022).

El Perú es uno de los países con alto nivel de contaminación por material particulado, comparado con otros países latinoamericanos, según reporte por la Organización Mundial de la Salud (OMS), donde el material particulado en el aire exterior está asociada con varias enfermedades crónicas que pueden afectar la salud pública (Gonzales et al., 2014), dentro de ello Lima es la ciudad más contaminada por material particulado de 2.5 micrómetros, está por su tamaño pequeño son más peligrosas, ya que penetran con más facilidad en el sistema respiratorio de los seres humanos (Luján, 2022); las bacterias y hongos frecuentemente en el aire se encuentran en su forma esporulada, donde soportan mejor la desecación, de la misma forma su tiempo de permanencia dependerá mucho de corriente de aire, potencia de arrastre y el tamaño, consecuentemente a mayor cantidad de población o afluencia de esta se tendrá mayor porcentaje de microorganismos (INNOTECH, 2022). además los microorganismos presentes en el aire principalmente como células individuales (1,1-3,3 μm) y grandes agregados (4,7->7 μm), donde estas se depositan en el tracto respiratorio humano, pueden ser responsables de irritaciones en la nariz y los ojos, reacciones asmáticas e inflamaciones alérgicas (Gołofit-Szymczak & Górny,

2018), frecuentemente son transmitidas por el aire, causando afecciones a la salud de las personas vulnerables (Gomez et al., 2021)..

El distrito de San Miguel según INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) tiene una población de 62,463 habitantes y actualmente conlleva un crecimiento demográfico acelerado, por lo que ocasiona una inadecuada distribución urbana; donde esto con lleva a un desorden en el transporte público, rebose de mercados o centros comerciales, inadecuado recojo de residuos sólidos, ello ocasiona la existencia de microorganismos en el aire y las vías de tránsito vehicular no asfaltadas, desplazamiento de vehículos automotores a grandes velocidades traen consigo la concentración de $PM_{2.5}$, PM_{10} . Por lo expuesto en esta investigación de determino el estado de la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado, donde los resultados permitirán tomar acciones frente a la calidad de aire del distrito de San Miguel.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel - 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serán las concentraciones de $PM_{2.5}$, PM_{10} y microbiológicos del distrito de San Miguel-2023?
- ¿Qué tipo de microorganismos estarán presentes en el aire del distrito de San Miguel-2023?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel - 2023

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de $PM_{2.5}$, PM_{10} y microbiológicos del distrito de San Miguel – 2023.
- Identificar los microorganismos presentes en el aire del distrito de San Miguel – 2023.

1.4. Justificación de investigación

1.4.1. Justificación Ambiental

El presente estudio permitió conocer el grado de concentración de material particulado y microorganismos en el aire, lo cual ayudará a proponer políticas ambientales, ordenanzas municipales, etc. para mitigar y aminorar la contaminación por material particulado y microorganismos presentes en el distrito de San Miguel. Teniendo en cuenta que la contaminación con material particulado genera efectos nocivos en el medio ambiente y sobre los vegetales causando efectos adversos como la alteración en la fotosíntesis, modificaciones en el crecimiento y reproducción de las plantas (Moscoso-Vanegas et al., 2019), además estos contaminantes generados por diferentes agentes son dispersados mediante la acción de los vientos, de modo que los desplazamientos de dichos contaminantes podrían afectar a las zonas menos contaminadas y de la misma forma pueden producir efectos dañinos no solo en las personas, sino también en las plantas y en los animales (J. E. Pérez, 2017).

1.4.2. Justificación Social

Es muy importante realizar la caracterización de la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel. En donde nos permitió determinar los niveles de contaminación del aire y posterior a ello establecer medidas de control de la contaminación y políticas para proteger la salud de la población (Salcido et al., 2019). Debido a que la contaminación del aire es uno de los principales problemas en las distintas ciudades del mundo y al mismo tiempo afecta independientemente el nivel de desarrollo de un país, también causan efectos adversos afectando a la salud de la población (Han et al., 2018), de la misma forma los microorganismos esta presentes en los diferentes espacios y debido a factores ambientales, se encuentren dispersos en diferentes entornos de la atmosfera, son principales responsables de causar enfermedades en poblaciones vulnerables. Asimismo, de ser considerado como un riesgo para la salud (Duarte et al., 2019).

1.4.3. Justificación Técnica

La población del distrito de San Miguel se ve afectado por la contaminación del aire por los diferentes agentes contaminantes como la emisión elevada de material particulado, gases contaminantes, como en procesos industriales, uso de chimeneas a leña y unidades vehiculares de transporte público y privado, a esta se suma la mala gestión de los residuos sólidos en donde ello es uno de las principales fuentes donde se generan los diferentes tipos de microorganismo que pueden ser dañinos para la salud, ya que al estar expuesto a las altas concentraciones, constituye alteraciones al ecosistema y al mismo tiempo causan daños graves a la salud humana (Municipalidad Distrital de San Miguel, 2021), Como resultado, los microorganismos suelen estar presentes en todas partes, especialmente en el aire, lo cual es un fenómeno natural. Sin embargo, el verdadero problema surge cuando su concentración aumenta en el ambiente, siendo las partículas en suspensión el principal vehículo de transporte de estos microorganismos a través del aire (Castillo, 2019). Por ello la caracterización de la calidad del aire en el distrito de San Miguel es fundamental para entender los impactos generados por los contaminantes microbiológicos y del material particulado sobre la salud de la población y medio ambiente. Además, el estudio proporciona datos esenciales para la planificación de políticas de gestión ambiental que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos y el entorno del distrito.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Investigaciones a nivel global

Asghar et al., (2022), en la investigación que realizaron titulada “Evaluación de material particulado (PM) en el aire ambiente de diferentes entornos y su riesgo para la salud asociado en la ciudad de Haripur, Pakistán”, cuyo objetivo de estudio fue determinar la concentración de PM en el aire ambiente y su asociación con el riesgo para la salud en la ciudad de Haripur , Pakistán; se tomaron veintitrés muestras en varios institutos educativos, hospitales, áreas recreativas e industrias para determinar la concentración de PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), mediante el equipo contador portátil de PM Youngteng YT-HPC 3000A. Donde obtuvieron resultados que sobrepasan caracterización de material particulado los límites permisibles ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{2.5} y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀) establecido por la Agencia de Protección Ambiental de Pakistán (Pak-EPA); Por lo tanto, de la escala estándar 1-14 del índice de salud, los valores de MP_{2.5} y MP₁₀ mostraron que la calidad del aire ambiente en la ciudad de Haripur, Pakistán, está en alto riesgo.

Vivas et al., (2021), en la investigación que realizaron titulada “Caracterización microbiológica del aire en el casco urbano de Calceta, Manabí, Ecuador”, cuyo objetivo de estudio fue caracterizar microbiológicamente el aire en el casco urbano de Calceta-Manabí en diferentes horas y días; en donde se tomaron 12 muestras mediante el método de sedimentación en cajas de Petri, Para bacterias se colocó agar nutriente y para hongos agar de extracto de malta, donde las cajas Petri fueron colocadas abiertas a una altura de 1,50 m del suelo durante 30 minutos, obteniendo como resultado que existe alta concentración bacteriana en los puntos cercanos al mercado central; y menor concentración fúngica, además existe diferencia significativa en la frecuencia de monitoreo, donde la concentración media de UFC/ m^3 y UPC/ m^3 es mayor en los fines de semana.

Liu et al., (2021), en la investigación que realizaron titulada “Estudio sobre los componentes químicos y las fuentes de PM 2,5 durante períodos de fuerte contaminación

del aire en un sitio suburbano de Beijing, China”, cuyo objetivo fue recopilar muestras de PM 2.5 en un sitio suburbano en Beijing, China, para ello se seleccionaron seis períodos de alta contaminación del aire a lo largo de cuatro estaciones, obteniendo los siguientes resultados, en un rango: 2,40–519 $\mu\text{g m}^3$, con una media anual de 96,7 $\mu\text{g m}^3$ las cuales superaron el límite estándar nacional.

2.1.2. Investigaciones a nivel nacional

Ilizarbe-Gonzales et al., (2020), en la investigación que realizaron “Características químicas e identificación de fuentes de PM₁₀ en dos distritos de Lima, Perú”, cuyo objetivo fue evaluar la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} e identifica las fuentes contaminantes en los distritos de San Juan de Lurigancho (S JL) y Puente Piedra (PPD), las muestras fueron recolectadas por el servicio nacional de Meteorología e Hidrología del Perú en abril hasta mayo del 2017, mediante metodología de técnicas gravimétricas, obteniendo como resultado que los valores máximos de 160 $\mu\text{g/ m}^3$ para PM₁₀ y 121.56 $\mu\text{g/ m}^3$ para PM_{2.5} en PPD y 295.06 $\mu\text{g/ m}^3$ para PM₁₀ y 154.58 $\mu\text{g/ m}^3$ para PM_{2.5} en S JL; que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental nacional; por lo tanto se evidencia la contaminación por material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en los distritos.

Ludeña, (2023), en su investigación titulada “Material particulado PM₁₀ en el aire de la ciudad de Cajamarca y valoración del impacto en la salud humana - 2019” , cuyo objetivo fue determinar la concentración de material particulado PM₁₀ en el aire de la ciudad de Cajamarca y valoración del impacto en la salud humana – 2019, en donde se tomaron 5, mediante la metodología de gravimetría haciendo uso del muestreador de Alto Volumen (Hi-vol), obteniendo los siguientes resultados, en Plaza de Armas, 78,3 ug/m^3 ; Ovalo Musical, 115,4 ug/m^3 ; Mercado San Antonio, 114,6 ug/m^3 ; Paradero salida a la Costa, 138,7 ug/m^3 ; Inmediaciones del Centro Comercial Metro de Angamos, 106,4 ug/m^3 , las concentraciones al ser comparadas con normativa de calidad del aire, todos los puntos sobrepasan la normativa a excepción de punto tomado en Plaza de Armas.

Muñoz & Soberóm, (2021), en su investigación titulada “Determinación microbiológica de la calidad del aire en la vía de evitamiento en Cajamarca de enero-febrero del año 2020”, cuyo objetivo fue Determinar la calidad microbiológica del aire en la vía de

evitamiento en la ciudad de Cajamarca entre los meses de enero- febrero del año del 2020, donde se recolectaron 45 muestras en cinco puntos de monitoreo, mediante el método de sedimentación, obtenido los siguientes resultados que en zona con mayor concentración de microorganismos fue el punto A (S:7°8'48"; W:78°30'29"- intersección del Jr. Sta. Teresa de Journet con Av Vía de evitamiento norte) en el turno noche con un promedio de 906 UFC/m³ durante 15 minutos dando a conocer que la calidad microbiológica del aire se encuentra en un nivel intermedio según la Organización Mundial de la Salud, en donde se registró la bacteria con mayor presencia es *Staphylococcus aureus*.

Sandoval, (2023), en su investigación titulada “Determinación de la calidad microbiológica del aire en la zona urbana de Aguaytía, región Ucayali”, cuyo objetivo de estudio fue determinar la calidad microbiológica del aire en la zona urbana de Aguaytía, Región, Ucayali. Donde se tomaron 05 puntos de muestreo, mediante método volumétrico, obteniendo los siguientes resultados que la mayor concentración promedio de bacterias se registró en marzo con 528 UFC/m³, seguida de 496 UFC/m³ y noviembre con 464 UFC/m³, mientras que para los hongos la concentración máxima fue en marzo con 464 UFC/m³. En noviembre y julio presentando valores iguales a 144 UFC/m³, se determinó que la calidad microbiológica del aire en la ciudad de Aguaitia presentó niveles de contaminación intermedio por bacterias y hongos en los meses de noviembre de 2021, marzo y julio 2022.

2.1.3. Investigaciones a nivel local

Quispe, (2023), en su investigación titulada “Evaluación de la contaminación del aire causada por partículas en suspensión menores a 10 micras, metales y metaloides en zonas de alto tránsito - Juliaca, 2021”, cuyo objetivo fue Evaluar la contaminación del aire causada por partículas en suspensión menores a 10 micras, metales y metaloides en zonas de alto tránsito - Juliaca, 2021., donde se tomaron 4 puntos de muestreo para la determinación de PM₁₀ mediante el método gravimétrico, obteniendo como resultado durante la época seca, el valor promedio de Z.A.V - 1 fue de 105.28 µg/m³, Z.A.V - 2 fue de 104.87 µg/m³ y Z.A.V - 3 fue de 112.34 µg/m³, superior al estándar internacional (50µg/m³) y la norma nacional de calidad ambiental (100 µg/m³) en contraste con la

temporada de lluvias, donde la concentración de Z.A.V - 1 (55,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Z.A.V - 02 (52,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en la Z.A.V - 3 (80,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), que excede el estándar internacional de la OMS. Por lo tanto, la población de estas zonas con mayor tránsito está en riesgo por exposición a PM_{10} .

Mamani & Calcina, (2022), en la investigación que realizaron titulada “Contaminación microbiológica y de metales totales en material particulado igual o menor a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el área urbana de Juliaca”, cuyo objetivo fue evaluar la contaminación de $\text{PM}_{2.5}$ por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca, se tomaron 9 muestras de las cuales tres se usaron para cuantificar los microorganismos mediante la técnica de dilución en medios de cultivos, obteniendo como resultado de cantidad de UFC de microorganismos predominantes en $\text{PM}_{2.5}$ conformado por las bacterias *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus* y por el hongo *Candida albicans*. La EM-2 representa mayores Unidades Formadoras de Colonias con: 365 UFC/ml de *Staphylococcus aureus*, 223 UFC/ml de *Haemophilus influenzae* y 307 UFC/ml de *Candida albicans*.

Medina & Quispe, (2022), en la investigación que realizaron titulada “Material particulado PM_{10} y el tráfico vehicular en la salida Lampa (tramo Jr. Kantú - Jr. América) de la ciudad de Juliaca, 2022”, cuyo objetivo fue determinar el nivel de contaminación por material particulado PM_{10} influenciado por el tráfico vehicular de la salida Lampa (tramo Jr. Kantú hasta Jr. América) de la ciudad de Juliaca, 2022, donde se tomando 2 puntos de monitoreo de PM_{10} , usando el método gravimétrico, obteniendo los siguientes resultados una concentración de 87.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , para el Jr. Kantu, y 79.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} para el Jr. América; con dirección de viento predominante desde el Nor Oeste hacia el Sur Este; con velocidades del viento promedio de 1.68m/s; con presencia de precipitación promedio de 17.11mm/día. Concluyendo que la concentración del PM_{10} influenciado por el tráfico vehicular de la salida Lampa (tramo Jr. Kantú hasta Jr. América); no sobrepasa el ECA de aire que es de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas porque hubo presencia de lluvias. Por lo que es importante evaluarlo en épocas de estiaje (junio a setiembre)

2.2. Marco teórico

2.2.1. Aire

El aire es la mezcla gaseosa que forma la atmósfera terrestre, este fluido está compuesto por 78 % de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1 % de argón y otros gases similares, junto a algunas centésimas de dióxido de carbono (Pérez & Merino, 2014).

En la figura N° 1 se visualiza la composición del aire.

2.2.2. Calidad del aire

La calidad del aire es una indicación de cuando el aire está exento de contaminantes atmosféricos y por lo tanto apto para ser respirado. Al no gozar de un ambiente con una buena calidad de aire, está implicaría riesgo o daño para la salud y seguridad de las personas o de la población (INEI, 2016).

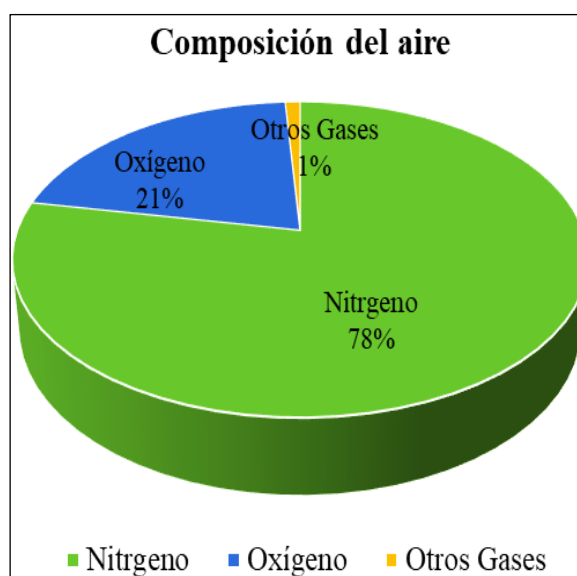


Figura 1: Composición del Aire
Fuente: Pérez & Merino, (2014).

2.2.3. Contaminación del aire

La contaminación del aire incluye sustancias o formas de energía presentes en el aire que pueden presentar diversos grados de riesgo, daño o molestia para los seres vivos. Entre las consecuencias inmediatas de la contaminación atmosférica, podemos destacar el desarrollo de enfermedades y padecimientos humanos, así como la pérdida de visibilidad en zonas de grandes concentraciones o la aparición de olores desagradables (AQUAE, 2022).

2.2.4. Dispersión de los contaminantes del aire

La dispersión de los contaminantes depende mucho del grado de inestabilidad de la atmósfera. Por lo tanto, se sabe que el aire frío pesa más que el caliente, por ello el aire caliente de la superficie terrestre asciende y el aire frío de la parte superior de la atmósfera cae, en ello se crea una circulación natural que mezcla verticalmente las dos masas de aire, por lo tanto ayuda la dispersión de los contaminantes atmosféricos superficiales (Boldo, 2016).

2.2.5. Tipos de contaminantes

Los contaminantes del aire se pueden clasificar en función de su origen, dentro de ello se tiene los contaminantes primarios son aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera por las distintas fuentes de emisión, por ejemplo, CO, NO_x, SO₂ y partículas y contaminantes secundarios que se forman en la atmósfera cuando los contaminantes primarios reaccionan uno con el otro y con los compuestos atmosféricos presentes en el aire (DIGESA, 2005).

Las siguientes definiciones como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x) son adaptados de (Gomez & Montaya, 2024)

a. Monóxido de carbono (CO)

Este contaminante se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, consecuentemente pueden verterlo al aire los vehículos automotores y la industria, aunque en menor escala; algunos procesos naturales son capaces de emitirlo, tales como los incendios forestales o de los procesos naturales que se llevan a cabo en los océanos.

b. El bióxido de nitrógeno (NO_x)

Esta contaminación proviene de los procesos de combustión, que es la principal fuente de emisiones al aire, causando problemas a la salud humana, y los ataques de asma son comunes entre los niños

c. Óxidos de azufre (SO_x)

Gran parte de esta contaminación proviene de actividades humanas relacionadas con la quema de carbón y petróleo y contribuye a la formación de partículas de

segundo orden en el aire, que son perjudiciales para la salud de las personas y directamente responsables de la lluvia ácida, generando la contaminación del aire que afectan a las ciudades y zonas industriales.

d. Material particulado

Este término se refiere a partículas sólidas o líquidas que se liberan a través del aire (como vapores, aerosoles, polvo, humo, etc.). Cómo se reconoce PST, las partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 micras se denominan PM_{10} y las partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras se denominan $PM_{2.5}$. El pequeño tamaño de estas partículas le permite entrar fácilmente en los sacos alveolares de los pulmones, produciendo efectos nocivos para la salud (Sbarato, 2019).

En la figura 2 se visualiza la comparación de tamaño de material particulado.



Figura 2: Comparación de tamaño de las partículas (PM)
Fuente: EPA, (2021)

2.2.6. Efectos dañinos del material particulado

El material particulado está compuesto por sólidos microscópicos y gotas de líquido que son tan pequeños que pueden inhalarse y provocar graves problemas de salud, donde las partículas menores a 10 micrómetros de diámetro suponen los mayores problemas, debido a que pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y algunas hasta pueden

alcanzar el torrente sanguíneo y las partículas finas PM_{2.5} micrómetros son las que causa principal de visibilidad reducida (EPA, 2021).

2.2.7. Enfermedades transmitidas por el aire

Muchas enfermedades humanas y animales se propagan a través del aire y afectan principalmente al sistema respiratorio. Las personas respiramos millones de metros cúbicos de aire, gran parte del cual contiene microorganismos. Controlar estas enfermedades es complicado, ya que las personas que las padecen continúan con sus actividades diarias y en algunos casos no se cuenta con tratamientos o vacunas efectivas. (Álvarez & Mesa, 2009), además hay que tener en cuenta que en algunos casos se forman bioaerosoles procedentes de animales y sus productos que se resuspenden en el aire y pueden ser inhaladas, como heces desecadas y plumas de aves (*Cryptococcus neoformans*), placenta (*Coxiella burnetii*), lana, piel y marfil (*Bacillus anthracis*), asimismo, existen numerosas enfermedades bacterianas transmitidas por el aire, estas principalmente son producidas por la bacterias Gram positivas debido a su mayor supervivencia en el aire, éstas bacterias afectan al tracto respiratorio superior (faringitis, difteria) e inferior (bronquitis, neumonías, tos ferina, tuberculosis), o desde éste pasan a la sangre y otros órganos (meningitis, carbunco pulmonar, fiebre, peste) (Olivera, 2020).

2.2.8. Enfermedades asociadas a la calidad del aire

La mala calidad del aire es un riesgo importante para la salud pública siendo riesgoso para la mortalidad por causas respiratorias (Martínez-Muñoz et al., 2020), La contaminación del aire influye en el origen y la evolución de las enfermedades respiratorias (Sanches & Caraballo, 2015). El tamaño de las partículas se encuentra directamente vinculado con el potencial para provocar problemas de salud, puede afectar tanto a los pulmones como al corazón, donde la población más susceptible son los niños y ancianos (Ayuntamiento de valladoid, 2021).

Se conoce por estudios científicos que el material particulado causa una variedad de problemas, como: infartos de miocardio no mortales, latidos irregulares, asma agravada, función pulmonar reducida, dificultad al respirar (EPA, 2022), también se tiene otras afecciones cardiovasculares, exacerbación de episodios de asma, cáncer de pulmón y otras enfermedades pulmonares (Biosait europe, 2023).

En la figura 3 se visualiza el comportamiento de material particulado en el cuerpo humano.

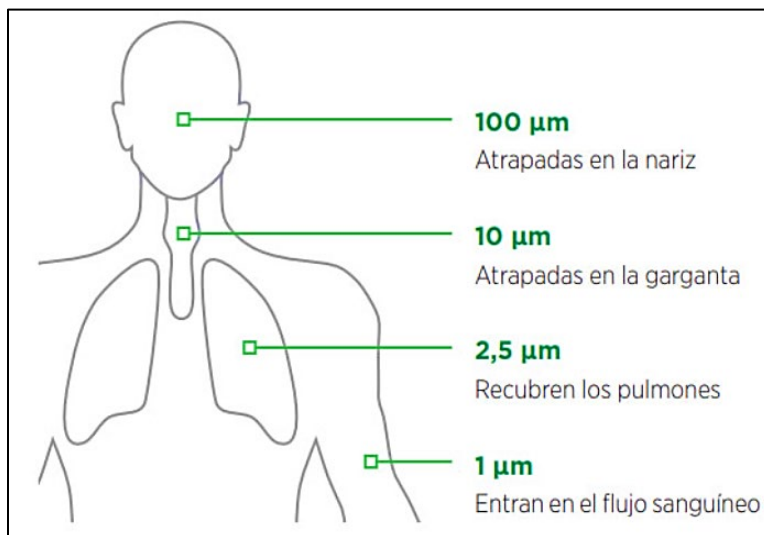


Figura 3: Comportamiento de material particulado en el cuerpo

Fuente: Sweeney, (2019)

2.2.9. Relación del tamaño del material particulado y sus efectos en la salud

Los efectos pueden depender del tamaño, y otros factores, por su capacidad de penetración, como: PM10 son retenidas en la región extratorácica, PM entre 2.5 y 10 alcanzan la zona traqueo-bronquial, PM menor a 2.5 pueden pasar por los alvéolos pulmonares y llegar al torrente sanguíneo (Biosait europe, 2023).

En la figura 4 se visualiza las áreas en peligro por el tamaño del contaminante de aire.

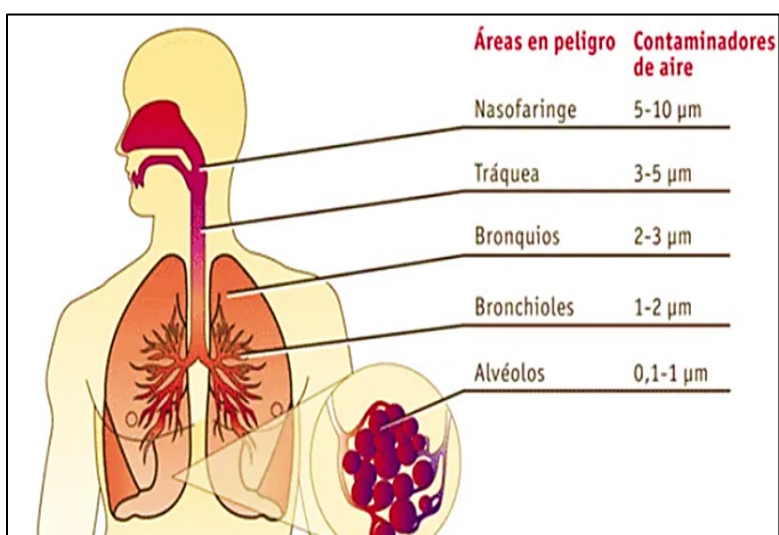


Figura 4: Áreas en peligro por el tamaño del contaminante de aire

Fuente: Biosait europe, (2023)

2.2.10. Muestreador de alto volumen (Hi vol)

El muestreador de alto volumen Hi vol es un equipo designado por la United States Environmental Protection Agency (US EPA) para la medición de PM_{10} y $PM_{2.5}$, donde las partículas son clasificados por medio de un separador aerodinámico, donde estas van a ser recolectadas en un filtro de cuarzo para su posterior cuantificación y análisis en el laboratorio (OEFA, 2015).

En la figura 5 se visualiza el Muestreador de alto volumen Hivol.



*Figura 5: Muestreador de alto volumen Hivol.
Fuente: Ecotech, (2015)*

2.2.11. Calidad microbiológica del aire

El aire es un medio que alberga muchos tipos de bacterias, esporas de hongos, algas, protozoos, polen, ácaros del polvo con un diámetro entre 0.5 y 100 micras los cuales se

encuentran suspendidos en él aire, la presencia de uno y otro tipo de microorganismo depende del origen, de la dirección e intensidad del viento; las bacterias más frecuentes son los bacilos *pleomórficos* Gram positivos (*Corynebacterium sp*) y los cocos Gram positivos (*Micrococcus* y *Staphylococcus*), los bacilos Gram negativos se encuentran en menor cantidad y éstos disminuyen con la altura (Olivera, 2020).

2.2.12. Contaminación biológica

La contaminación biológica del aire es causada especialmente por el polen de las plantas, los hongos, las bacterias y los virus, donde estos microorganismos presentes en el aire principalmente son generados por fuentes como el suelo, el agua y la descomposición de la materia orgánica, al mismo tiempo por las fuentes antropogénicas que estas son representadas por los vertederos, las plantas de tratamiento de aguas residuales, las instalaciones de compostaje y el tráfico vehicular (Siebielec et al., 2020), por otra parte la mala gestión de los residuos sólidos es uno de los factores en la liberación y proliferación de microorganismos en el aire, por consecuente representa un riesgo tanto para la salud de la población y el medio ambiente, para ello es muy importante la correcta disposición y tratamiento de los residuos para evitar futuros problemas (Kanhai et al., 2021).

2.2.13. Microorganismos en el aire

a. Tipos de microorganismos presentes en el aire

El aire contiene microorganismos como hongos, bacterias y virus. Estos microorganismos se encuentran en forma de células vegetativas y a menudo se encuentran en la etapa de esporulación; metabólicamente menos activas las esporas y tolerantes a los cambios atmosféricos en el aire por lo general se encuentran se encuentran bacterias esporuladas del género *Clostridium*, *Actinomicetos* y *Bacillus* (Mansilla, 2019).

b. Hongos

Los hongos son organismos heterótrofos que pertenecen al reino fungí. Producen enzimas tanto dentro como fuera de sus células, lo que les permite transformar casi cualquier tipo de sustrato orgánico. Además, participan en la oxidación de algunos compuestos inorgánicos (Albornoz, 2014), donde los hongos pueden ser

de una sola célula o de múltiples células. Las levaduras son hongos de una sola célula con forma ovalada (5-30 micrómetros), inmóviles y se dividen de diferentes formas, especialmente por gemación. Se considera que estos hongos han perdido su forma filamentosa y se han convertido en organismos de una sola célula. Sin embargo, la mayoría de los hongos tienen múltiples células o son filamentosos, y se caracterizan por estar formados por filamentos ramificados o hifas que se desarrollan y se entrelazan formando el micelio (Garcés et al., 2003), Los hongos tienen dos tipos de micelio uno adherido al sustrato (suelo, plantas, alimentos) y otro aéreo donde se forman esporas (asexuales y sexuales). Estos hongos filamentosos y levaduras son principalmente descomponedores, y se encuentran libremente en la naturaleza, especialmente en materia orgánica en descomposición. Para que un hongo crezca en una superficie, se necesitan esporas, un sustrato nutritivo, humedad y una temperatura entre 4 y 38 °C. (Martinez, 2018).

En la tabla 1 Se visualiza los microorganismos que transmiten enfermedades fúngicas por el aire

Tabla 1

Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire

Enfermedades	Hongos
Neumonias	<i>Pneumocystis carinii</i>
	<i>Cryptococcus neoformans</i>
	<i>Blastomyces dermatitidis</i>
Micosis sistémicas	<i>Histoplasma capsulatum</i>
	<i>Coccidioides immitis</i>
	<i>Aspergillus fumigatus</i>

Tabla 1 (Continuación)

Hipersensibilidad	<i>Alternaria</i>	<i>Botrytis</i>
	<i>Aspergillus</i>	<i>Puccinia</i>
	<i>Penicillium</i>	<i>Serpula</i>
	<i>Cladosporium</i>	<i>Mucor</i>
	<i>Aspergillus</i>	
Micotoxicosis	<i>Fusarium</i>	
	<i>Stachybotrys</i>	

Fuente: De la Rosa et al., (2002)

c. Bacterias

Las bacterias son organismos unicelulares y diminutos que pertenecen al grupo de los procariontes. Estas se encuentran casi en todas partes, como en escritorios, piel, seres vivos e incluso en pantallas de computadoras. La mayoría de estas bacterias no son dañinas y no causan enfermedades, por lo que se consideran beneficiosas. Sin embargo, cuando una bacteria que sí causa enfermedades logra entrar en un ser vivo, puede producir infecciones comunes como conjuntivitis o faringitis estreptocócica, ya sea directamente por la acción de la bacteria o por las toxinas que esta produce (Hart, 2018), A pesar de su sencilla organización celular , presentan una gran variedad de formas llamadas filamentos , cocos , bacilos , vibrios y espirilos , poseen un tamaño 0.5 y 5 μ de longitud, son tan pequeños que es imposible verlos a simple vista , excepto cuando están agrupados en colonias (Contreras et al., 2017).

En la figura 6 se visualiza las diferentes formas de bacterias

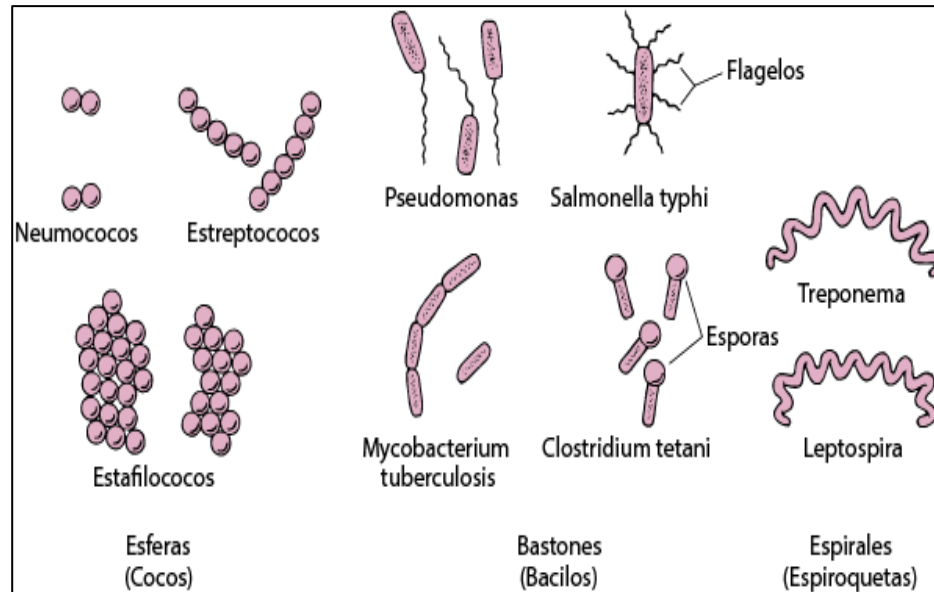


Figura 6: Formas de bacterias
Fuente: Bush, (2023).

d. Tinción de Gram

La tinción de Gram o coloración de Gram es una de las técnicas de tinción diferencial que se utilizan en bacteriología para visualizar las bacterias. Esta técnica fue desarrollada por Danés Christian Gram, quien la desarrolló en 1884. Se aplica para ver la morfología de las células bacterianas, incluso si son capaces de hacer una primera aproximación de la diferenciación bacteriana, considerando las bacterias Gram positivas y las Gram negativas como de color rosa o grosella. (Ojeda, 2014).

e. Bacterias grampositivas

Bacterias Gram positivas son aquellas que se clasifican según el color que adquieren. Inmediatamente después de aplicarles un proceso químico llamado tinción de Gram, estas bacterias Gram positivas se tornan de color azul al aplicarles este colorante, y las bacterias Gram positivas y Gram negativas se tiñen de manera diferente debido a que sus paredes celulares son diferentes, por lo que causan diferentes tipos de infecciones, entre ellas, donde todas las bacterias se clasifican en una de tres formas básicas: esferas (cocos), bastones (bacilos) y espirales o espirales (espiroquetas) y las bacterias Gram positivas pueden ser cocos o bacilos (Bush, 2023).

f. Bacterias gramnegativas

Las bacterias Gram negativas son microorganismos que reaccionan con la tinción de Gram en su pared celular es diferente a la de las células grampositivas, no se tiñen. De color azul oscuro o violeta, pero rosado, y no retienen la coloración de los cristales. morado durante el proceso de tratamiento porque tienen una capa muy fina de peptidoglicano en su pared celular y en su capa más externa está cubierta con una membrana lipoproteica, este tipo de bacterias se agrupan en varias familias y hay diferentes maneras de clasificar (Morales, 2018), en donde se clasifican dependiendo de la forma, la temperatura óptima, el pH en el que se desarrolla, los requerimientos de oxígeno para poder mantenerse vivas como bacterias aerobias estrictas, bacterias anaerobias estrictas y bacterias anaerobias facultativas, el poder patógeno de estas bacterias se debe a la presencia de lipopolisacáridos (endotoxinas) en el exterior de la membrana celular, estas moléculas provocan una respuesta inmune, ya que su antígeno genera un espectro de efectos fisiopatológicos, los cuales son capaces de causar shock endotóxico. (Mollinedo & Gonzáles, 2014).

En la figura 7 se visualizan las características de Bacterias Gram positivas y Gram negativas

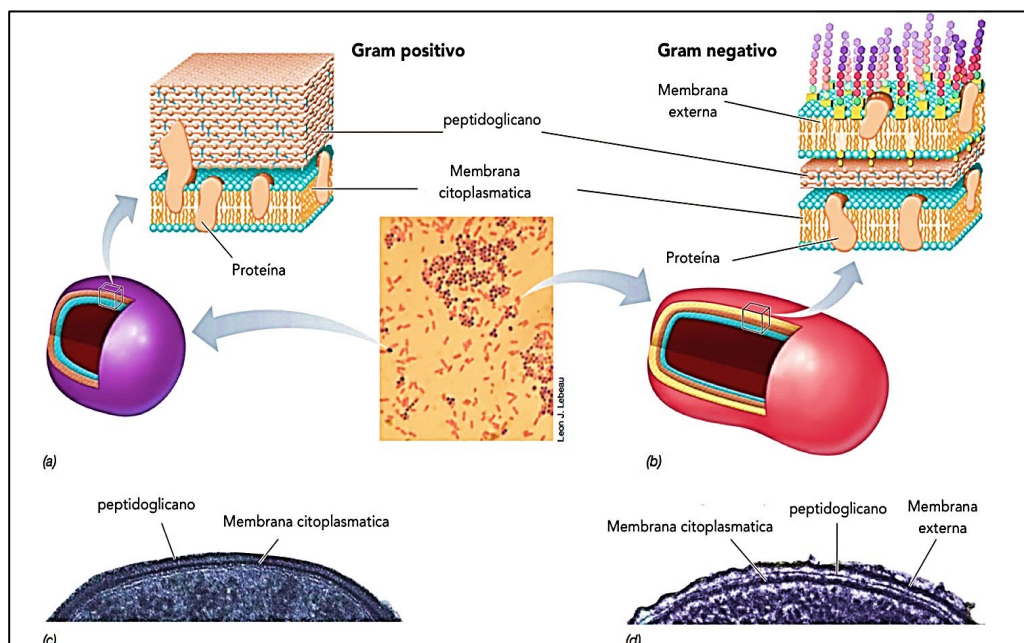


Figura 7: Características de Bacterias Gram positivas y Gram negativas

Fuente: Ojeda, (2014).

En la tabla 2 se visualizan las Principales características que diferencian a las bacterias Grampositivas y Gramnegativas.

Tabla 2

Principales características que diferencian a las bacterias Grampositivas y Gramnegativas

Característica	Grampositiva	Gramnegativa
Reacción Gram	Retiene el colorante cristal violeta y se tiñe de violeta o púrpura.	Se decolora y posteriormente retiene la colorante safranina; se tiñe de rojo o rosa.
Capa de peptidoglicano	Gruesa (multicapas)	Delgada (unicapa)
Ácidos teicoicos	Presentes en la mayoría	Ausentes
Espacio periplásmico	Ausente	Presente
Membrana externa	Ausente	Presente
Contenido de lipopolisacáridos	Nulo	Alto
Contenido de lípidos y lipoproteínas	Bajo	Alto
Resistencia al rompimiento celular de manera mecánica	Alta	Baja

Tabla 2 (Continuación)

Susceptibilidad a detergentes aniónicos	Alta	Baja
Resistencia a la deseccación	Alta	Baja

Fuente: Contreras et al., (2017)

En la tabla 3 se visualiza los microorganismos que transmiten enfermedades bacterianas por el aire.

Tabla 3

Enfermedades bacterianas transmitidas por el aire

Enfermedades	Géneros y especies
Amigdalitis, faringitis, bronquitis, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Neumonía clásica	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Mycoplasma pneumoniae</i>
Neumonía atípica, bronquitis	<i>Chlamydophila pneumoniae</i> <i>Chlamydophila psittaci</i>
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>
Meningitis, epiglotitis, neumonía	<i>Haemophilus influenzae</i>
Tosferina	<i>Bordetella pertussis</i>
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Legionelosis	<i>Legionella pneumophila</i>
Actinomicosis	<i>Actinomyces israelii</i>
Nocardiosis	<i>Nocardia asteroides</i>

Tabla 3 (Continuación)

Fiebre Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Carbunco pulmonar	<i>Bacillus anthracis</i>
Peste	<i>Yersinia pestis</i>

Fuente: De la Rosa et al., (2002)

g. Virus

Los virus son partículas relativamente sencillas, no tienen factores de virulencia que presentan otros microorganismos, no obstante, son capaces de ocasionar daño y muerte celular que, se traducen en enfermedad (Rosete et al., 2002), se encuentran en la naturaleza en dos estados: el primero es conocido como fase extracelular, la cual les permite transmitirse fácilmente de un hospedero a otro; la otra es la fase intracelular, cuando los virus pueden multiplicarse, además los virus no son considerados células debido a que carecen de muchos de los atributos de éstas. Por ejemplo, no contienen una maquinaria compleja que les permita multiplicarse; tampoco cuentan con un metabolismo propio, es decir, no presentan aquellas reacciones bioquímicas y procesos fisicoquímicos que les permitan obtener energía para desarrollarse, mantener sus estructuras o responder a estímulos de manera individual. No obstante poseen información genética, ya que están formados por una moléculas de ADN O ARN, donde se almacena la información responsable donde se conoce como genoma vírico, donde esto es el único que les permite controlar su replicación y transferencia, también presentan una estructura muy diversa y varía en tamaño, forma y composición química (Contreras et al., 2017).

En la tabla 4 se visualizan los microorganismos que trasmiten enfermedades víricas por el aire.

Tabla 4*Enfermedades víricas transmitidas por el aire*

Enfermedades	Virus	
	Familia	Género
Resfriado común	<i>Picornaviridae</i>	<i>Rhinovirus</i>
	<i>Adenoviridae</i>	<i>Mastadenovirus</i>
Gripe	<i>Orthomyxoviridae</i>	<i>Influenzavirus</i>
Bronquitis, neumonía	<i>Paramyxoviridae</i>	<i>Pneumovirus</i>
	<i>Adenoviridae</i>	<i>Mastadenovirus</i>
	<i>Bunyaviridae</i>	<i>Hantavirus</i>
Sarampión	<i>Paramyxoviridae</i>	<i>Morbillivirus</i>
Parotiditis	<i>Paramyxoviridae</i>	<i>Rubulavirus</i>
Poliomielitis	<i>Picornaviridae</i>	<i>Enterovirus</i>
Viruela	<i>Poxviridae</i>	<i>Orthopoxvirus</i>
Varicela	<i>Herpesviridae</i>	<i>Varicellovirus</i>
Rubeola	<i>Togaviridae</i>	<i>Rubivirus</i>
Rabia	<i>Rhabdoviridae</i>	<i>Lyssavirus</i>
Gastroenteritis	<i>Reoviridae</i>	<i>Rotavirus</i>
	<i>Caliciviridae</i>	<i>Virus Norwalk</i>

Fuente: De la Rosa et al., (2002)

2.2.14. Medios de cultivo microbiológico

Son aquellos nutrientes que poseen las características mínimas para que los microorganismos se desarrollen adecuadamente en un medio de cultivo artificial, para ello debe reunir una serie de condiciones como son: la temperatura, grado de humedad y presión de oxígeno adecuada, así como un grado correcto de acidez o alcalinidad, además un medio de cultivo debe contener los nutrientes y factores de crecimiento ineludibles y debe estar libre de todo microorganismo contaminante (Valenzuela, 2011).

2.2.15. Variables meteorológicas

a. Velocidad del viento

velocidad del viento es el desplazamiento horizontal del aire en un punto y en un instante determinado; se mide mediante un anemómetro, cuya unidad de medida es (m/s); donde esta variable meteorológica es muy importante para la evaluación del clima y la calidad del aire (Wang et al., 2024).

b. Dirección del viento

Generalmente se mide en grados, minutos y segundos; la dirección del viento es fundamental en la dispersión de los contaminantes y determina en gran medida la dirección hacia donde se dirigirán cada una de estas contaminantes (Hu et al., 2024).

c. Temperatura

Este es un parámetro fundamental para saber los cambios o la variabilidad que pueda ver frente a un análisis climatológico ya que esto influiré en una gran proporción y en todo el ciclo del ecosistema para ello se hará uso de termómetros y termógrafos dependiendo en que ámbito se realiza la medición (Eraso, 2020).

d. Precipitación

La precipitación es una variable importante para determinar la calidad de aire, esta se mide en términos de la altura del agua precipitada acumulada en el recipiente por un tiempo determinado y se expresa en milímetros, donde el pluviómetro es un instrumento meteorológico que mide la cantidad de lluvia que cae en un período de tiempo determinado por unidad de superficie (Acharya, 2017).

e. Humedad

Es el contenido de vapor de agua en el aire, donde expresa como humedad absoluta, específica o razón de mezcla, particularmente hablamos de humedad relativa, la cual indica el grado de saturación de la atmósfera, es decir, qué tan cerca o lejos está el vapor de agua que hay en el aire del punto de condensación y esta se expresa en porcentaje (%) (SENAMHI, 2018).

2.2.16. Normatividad calidad del aire

a. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

Mediante el presente decreto se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, los mismos que son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios (DS N° 003-2017-MINAM, 2017).

En la tabla 5 se visualiza los Estándares de calidad de aire (ECA)

Tabla 5

Estándares de calidad de aire (ECA)

Parámetros	Período	Valor [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno (C_6H_6)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	

Tabla 5 (Continuación)

Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas Anual	100 50	NE más de 7 veces al año Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (Gravimetría) Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ^[2]	24 horas	2	No exceder	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora 8 horas	30000 10000	NE más de 1 vez al año Media aritmética móvil Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático) Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Ozono (O ₃)	8 horas	100		

Tabla 5 (Continuación)

Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: D.S. N° 003-2017-MINAM

b. Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM.

Este decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire donde el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire”, es un instrumento que permite estandarizar los criterios técnicos para el monitoreo ambiental del aire en el país, a fin de generar información de calidad, comparable, compatible, confiable y representativa (MINAM, 2019).

2.2.17. Niveles de bacterias y hongos presentes en el aire

En la tabla 6 y 7 se muestran los niveles de bacterias y hongos presentes en el aire, de acuerdo a Organización Mundial de la Salud (OMS), Según el documento de edición de 1993, por la comisión de las Comunidades Europeas (Cost Project 613 Report n° 12), adaptado por (Araujo, 2020).

Tabla 6

Niveles de UFC / m³ de bacterias en aire

Nivel de contaminación	Concentración de bacterias UFC / m ³ en el aire
Muy baja	<50
Baja	50-100
Intermedia	100-500

Tabla 6 (Continuación)

Alta	500-2000
Muy alta	>2000

Tabla 7

Niveles UFC / m³ de hongos en aire

Nivel de contaminación	Concentración de hongos UFC / m³ en el aire
Muy baja	<25
Baja	25-100
Intermedia	100-500
Alta	500-2000
Muy alta	>2000

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), Según el documento de edición de 1993, por la comisión de las Comunidades Europeas (Cost Project 613 Report n° 12), adaptado por (Araujo, 2020).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito de estudio**

El estudio de investigación se realizó en el área urbana del distrito de San Miguel, provincia de San Román, del departamento de Puno, geográficamente ubicada a una altitud promedio de 3824 m.s.n.m., Latitud sur: 15° 28' 33" y a una Longitud oeste: 70° 06' 36".

3.1.1. **Limites**

En la tabla 8 se visualiza los límites que presenta el distrito de San Miguel.

Tabla 8

Los límites que presenta el distrito San Miguel

Orientación	Descripción
Norte	Limita con las provincias de Lampa (distrito de Calapuja) y Azángaro (distritos de Caminaca y Pusi).
Este	Limita con la provincia de Huancané.
Sur	Limita con los distritos de Caracoto y Juliaca (provincia San Román).
Oeste	Limita con el distrito de Juliaca (provincia San Román). Compuesta por un Centro Poblado (Santa Maria), 16 comunidades y 84 urbanizaciones.

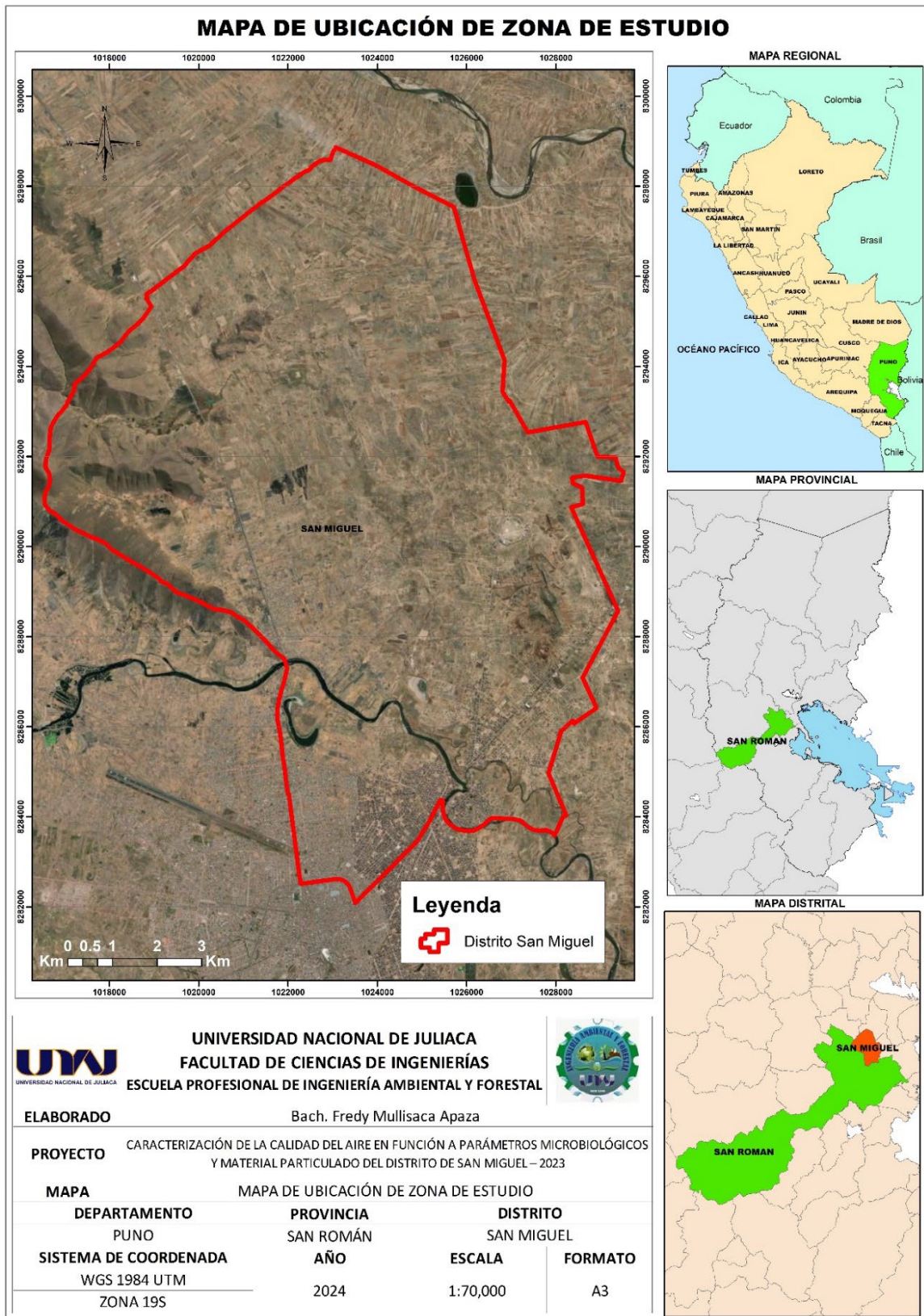


Figura 8. Mapa de ubicación de zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

3.2. Tipo y nivel de investigación

Es de tipo no experimental porque no interviene ni se manipula las variables del estudio - descriptivo, porque se realizó monitoreos en campo y trabajo en gabinete (Creswel, 2023).

3.3. Población, tamaño de muestrán y unidad de estudio

En el presente estudio se considera como población al área que corresponde al distrito de San Miguel – Puno. Las muestras son los puntos de muestreo establecidas representativas y la unidad de estudio son los parámetros analizar (material particulado y microorganismos presentes en el aire).

3.4. Materiales

3.4.1. Materiales de plásticos

Filtros de cuarzo (Pall Life Sciences, 8"x10"), cooler 15 L, pipeta 10 ml y gradillas para los tubos de ensayo.

3.4.2. Materiales de vidrio

Termómetro de mercurio, placa petri vidrio simple 75 mm (o) (1177-75), Porta objeto (76 x 52 mm), cubre objeto (18 x 18 mm), tubos de ensayo (12 ml), Matraz Erlenmeyer de Vidrio Boro 100 cm³ (1121-100) y 500 cm³ (1121-500), Vaso precipitado, (100 y 250 ml), Bagueta Estándar Boro 20 cm y Mechero de Alcohol de vidrio 250 cm³ (1381-250).

3.4.3. Reactivos

Cristal violeta 100 ml, lugol 100 ml, alcohol acetona 100 ml, colorante safranina 100 ml, Aceite de inmersión 50 ml, colorante azul de lactofenol 100 ml y suero fisiológico 100 ml.

3.4.4. Equipos

Hi-Vol muestreador de partículas en aire de alto volumen para PM₁₀-ECOTECH ECO HVS3000-02, Hi-Vol y PM_{2.5}-ECOTECH ECO HVS3000-03, Estación meteorológicas RainWise, Auto clave selecta serie: 566906, Microscopio binocular con cámara LEICA DM 750, Incubadora Iducell serie: D161752, Contador de colonias Kert Laboratory serie: 091263, Balanza analítica Kert M ABC 220-4N; serie: WB17AR0145, GPS-GARMIN GPSMAP64S, Cámara fotográfica, Computadora portátil.

3.4.5. Software

ArcGIS 10.5, Excel, 2021 y R-studio.

3.4.6. Insumos

Transporte, Energía eléctrica, Agua destilada, agar Infusión Cerebro Corazón Agar (BHI) 500 g Merck, agar sabouraud 500 g Merck, suero fisiológico y Agua destilada.

3.4.7. Otros

Cuaderno de apuntes, Bolsas plásticas, Sobres de papel manila, Guantes de nitrilo, Asa bacteriológica.

3.5. Procedimiento metodológico

3.5.1. Puntos de monitoreo

Se tomaron 24 muestras (6 muestras para determinar la concentración de PM_{2.5}, 6 muestras para determinar la concentración de PM₁₀, 6 muestras para determinar la concentración de microorganismos-hongos y 6 muestras para determinar la concentración de microorganismos - bacterias), en 6 estaciones de monitoreo, como se muestra en la tabla 9 y en la figura 9 se visualiza la Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de zona de estudio- Distrito de San Miguel.

Tabla 9

Puntos de monitoreo

Estación de monitoreo	Descripción	coordenadas UTM		Fecha
		WGS-84		
		Este (X)	Norte (Y)	
PM-01	Puente Independencia	381446.61	8289924.99	23/09/2023
PM-02	Av Circunvalación con Av Huancané	379371.15	8287812.71	18/09/2023
PM-03	Av Triunfo	379194.71	8288346.31	19/09/2023
PM-04	Av Circunvalación Este con Jr. 3 de octubre	378378.07	8288309.98	20/09/2023
PM-05	Av Manco Capac con Jr. Aeropuerto	378660.28	8288833.31	21/09/2023
PM-06	Av Triunfo con Av Ramón Gutiérrez Paz.	379838.69	8289520.09	22/09/2023

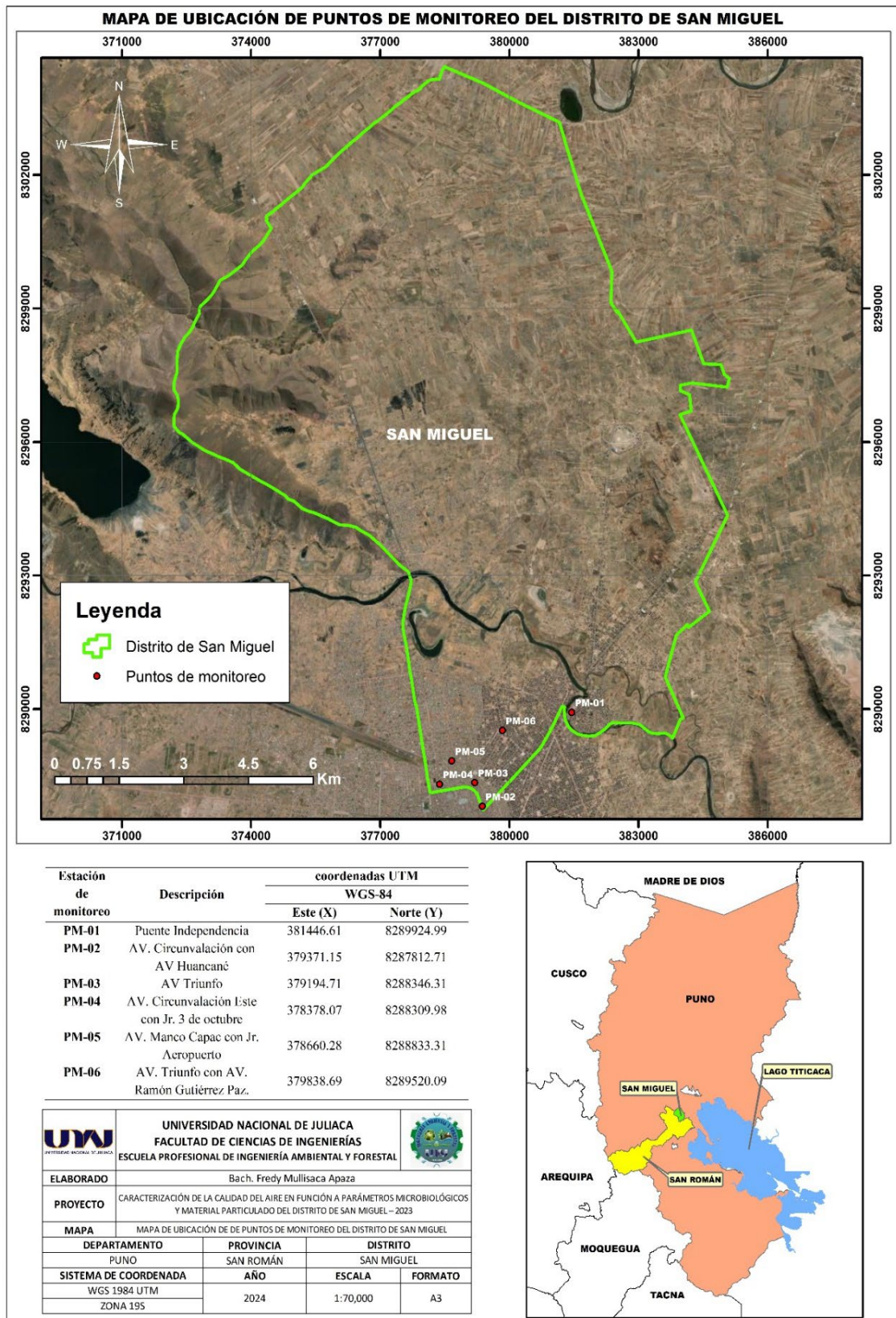


Figura 9: Mapa de ubicación de puntos de monitoreo del Distrito de San Miguel.

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Identificación de los puntos de muestreo

El criterio para la ubicación de las estaciones de monitoreo se realizó en base al D.S. N° 010-2019-MINAM, decreto supremo que aprueba el protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire, para lo cual se establecerá 6 puntos de muestreo que se clasificaron en los diferentes sectores estratégicos distrito de San Miguel, basándose en la cantidad de población y el tipo de monitoreo que es Monitoreo orientado a la prevención/evaluación de riesgos en la salud ambiental.

3.5.3. Metodología para el muestreo de material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀)

La investigación, comprendió las siguientes fases, como: Premuestreo, que consiste en la preparación de filtros y acondicionamiento de equipos y materiales; Muestreo, comprendió todas las actividades de toma de muestra que se desarrollaron en campo y Postmuestreo, que es referente a las actividades que se llevó a cabo en laboratorio y gabinete, con las muestras tomadas en campo.

La concentración de material particulado de PM₁₀ y PM_{2.5}, se decretó bajo los lineamientos de protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire descrito por MINAM (2019), mediante el método de gravimetría en donde consiste en hacer pasar una muestra de aire a caudal fijo por un filtro donde se queda retenido el material particulado, en un periodo de 24 horas con una frecuencia de una muestra diaria de 6 días consecutivos, posterior a cada muestreo se llevó al laboratorio para su respectivo pesaje y cálculo de concentración de material particulado. Para ello se ha hecho uso del equipo HiVol muestreador de alto volumen, teniendo en cuenta los factores meteorológicos como: Temperatura, velocidad de viento y humedad.

a. Instalación y operación de muestreador de alto volumen

El muestreador de aire HiVol Ecotech 3000 se operó de acuerdo a la especificación que se detallan en el manual de instrucciones; de la misma forma se inspecciona cada filtro de manera visual para detectar desperfectos como picaduras, material suelto, decoloración e imperfecciones; y luego se estableció un registro con información sobre el filtro y se asignó a cada filtro un número de identificación, y posteriormente se tomó el peso inicial del filtro.

b. Criterios para la ubicación de sitios de muestreo

Los criterios para la ubicación de sitios de muestreo se realizaron de acuerdo al Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del Aire.

Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2-1.5 m., distancia al árbol más cercano: > 20 m de la circunferencia que marca el follaje o las raíces y por lo menos 10 m, si los árboles actúan como un obstáculo, la distancia del muestreador a obstáculos como edificios, debe ser mínimo, el doble de la altura en que sobresale el obstáculo sobre el muestreador. Se consideró los siguientes criterios en este proceso: un radio libre de 10 m., el equipo debe tener un flujo de aire sin restricciones, 270° alrededor de la toma de muestra y/o un ángulo de 120° libre por encima del equipo, no podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos, se recomienda 20 m de distancia del sitio de muestreo, la distancia a las carreteras y/o caminos debe ser de 2 a 10 m del borde a la línea de tráfico más cercana. Además, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para el sitio de muestreo: Fácil acceso, para visitas regulares de inspección, mantenimiento, calibración, etc., seguridad contra vandalismo, infraestructura: el sitio debe contar con energía eléctrica segura y teléfono y libre de obstáculos que afecten el flujo de aire en las cercanías del muestreador (ejemplo: edificios, árboles, balcones, etc.).

c. Muestreo de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}.

El procedimiento para recolectar la concentración de la muestra de partículas de PM_{2.5} y PM₁₀ con el equipo Hi Vol comprende los siguientes descritos en el manual del Hi Vol 300 (Ecotech, 2015).

Se instaló en el muestreador de aire de alto volumen en la primera estación de monitoreo, para colocar el filtro de cuarzo (8"x10"), previamente pre pesado en el portafiltro, asegurándose que el filtro este bien posicionado, finalmente se realizó la programación para un periodo de 24 horas a un flujo nominal de 1.130

L/min. Y una vez finalizado el tiempo de 24 horas de muestreo se realizó el cambio del filtro.

d. Descarga de datos y cambio de filtro del equipo Hi Vol

Antes de realizar el cambio de filtro y trasladar a la otra estación, se realizó la descarga de datos del monitor de Hivol, haciendo uso un laptop mediante un cable serial, posterior a ello se procedió abrir el cabezal del equipo, quitando los dos tornillos de sujeción del cabezal, para luego retirar el filtro usado y se llevó al laboratorio en un sobre para la toma del peso final.

e. Cálculo de concentración de material particulado

Para determinar la concentración de material particulado de PM_{2.5} y PM₁₀ se evaluó mediante la fórmula 1:

$$\text{Concentración} = [\text{Partículas}] = \frac{M}{V_a} \quad (1)$$

Donde:

M: Masa de concentración (µg)

V_a: volumen actual de las muestras (m³) - En términos de presión atmosférica promedio y temperatura ambiental medido durante el periodo de muestreo.

Para calcular el volumen actual se determinó, mediante la fórmula 2:

$$V_a = (Q_a) \times (t) \quad (2)$$

Donde:

Q_a: flujo de muestreo promedio (m³/min)

t: tiempo o periodo de muestreo (min)

3.5.4. Metodología para el muestreo microbiológico

a. Procedimiento para la preparación de medios de cultivo

Para la preparación de medios de cultivo se realizó de acuerdo a las características y especificación del agar con la que se trabajó. Para el agar Sabouraud, se suspendió 7.02 g en 108 ml. (Laboratorios Britania S.A., 2021), para el agar infusión cerebro corazón , se suspendió 5.62 g en 108 ml (Bio-Rad, 2019), todo esto se mezcló con agua destilada en un matraz Erlenmeyer 250 ml,

luego se homogenizo con la ayuda de agitador magnético, posterior a ello se llevó al autoclave a 121 °C por 15 min, para la esterilización y finalmente se ha distribuido a 18 ml en cada una de las placas petri para que estas solidifiquen y luego fueron llevados al campo para el muestreo y cada una de las placas con su respectivo codificación.

En la figura 10 se visualiza el diseño de distribución equitativa de medios de cultivo.

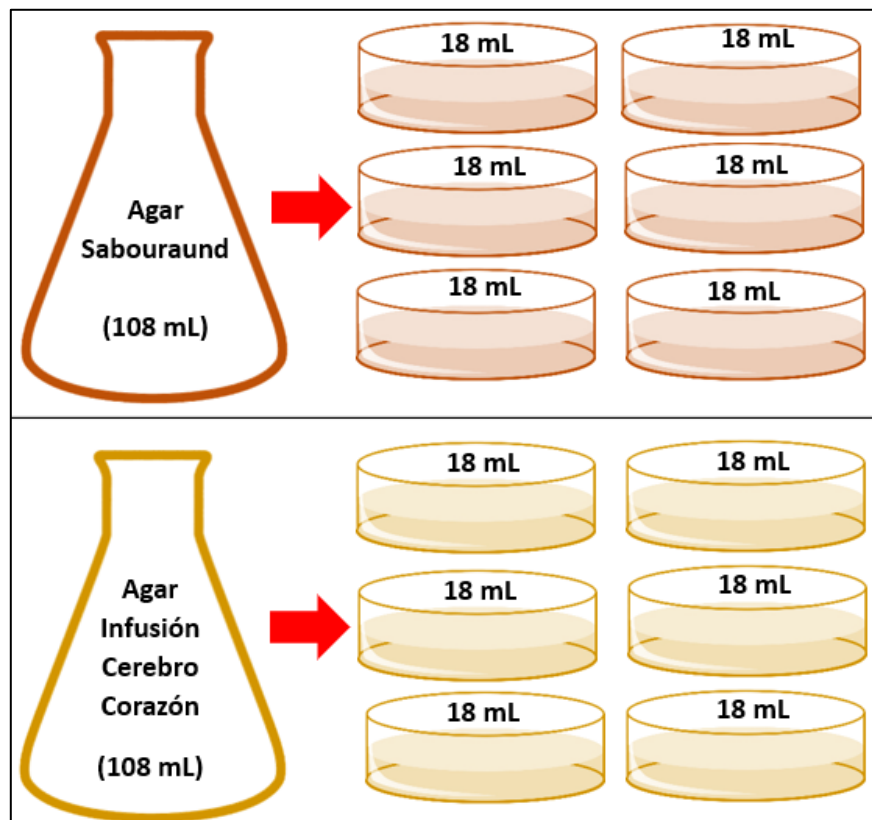


Figura 10: Diseño de distribución equitativa de medios de cultivo
Fuente: Elaboración propia

b. Recolección de muestras

Para el muestreo microbiológico del aire se siguió el método de sedimentación pasiva, el cual consistió en dejar las placas abiertas que contienen medio de cultivo de agar, durante varios minutos y esperar que las corrientes de aire lleven a los microorganismos suspendidos en el aire y que estas sedimenten en el medio de cultivo de agar (Araujo, 2020).

El muestreo se realizó en cada uno de las estaciones de monitoreo en el distrito de San Miguel, para ello se recolectó dos muestras microbiológicas por estación, teniendo un total de 12 muestras microbiológicas, la recolección se realizó mediante placas petri contenidos de medios de cultivo de agar Infusión Cerebro Corazón Agar (BHI) para el crecimiento de bacterias y agar sabouraud para el crecimiento de hongos. Todo esto fue expuesto por un periodo de 20 min a una altura de 1.5 metros de la superficie del suelo, es decir, en la zona de respiración, de acuerdo a la metodología planteada por el autor Staszowska (2022), donde esto se aplicó para ambos medios de cultivo, posterior a ello todas las muestras se trasladaron al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Juliaca, dejándolas en la incubadora a una temperatura de 37°C durante 48 horas para el crecimiento de bacterias y a 28 °C durante 5 días para el crecimiento de hongos.

c. Recuento de microorganismos

Para el recuento de microorganismo se siguió el método establecido en la NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire (Marti, 1991).

d. Cálculo de UFC / m³ por el método de sedimentación pasiva

Para el cálculo de la unidad formadora de colonias en el aire se usó la siguiente fórmula empírica 3 basado en el método de sedimentación pasiva, planteado por el autor Kolwzan et al., (2006).

$$X = \frac{a*5*10^4}{\pi r^2 * t} \quad (3)$$

Donde:

X: Número de microorganismos en el aire (UFC/m³).

a: Número de colonias en la placa de Petri.

r²: Superficie de la placa de Petri (cm²).

t: Tiempo de exposición (min).

e. Caracterización de bacterias y hongos

Las metodologías aplicadas para la caracterización de bacterias y hongos se realizó de acuerdo al método indicado por el autor Gonzalez et al., (2020). Para la caracterización de bacterias se realizó mediante el método de tinción Gram, en donde comprende los siguientes pasos, primeramente se agregó un gota de suero fisiológico sobre el portaobjeto, seguidamente se realizó una extensión con el materia a estudiar, posterior a ello se deseco el frotis con el calor pasando el portaobjeto tres a cuatro veces por encima del mechero, luego se agregó la solución de azul de violeta cubriendo la muestra y se dejó actuar por 60 segundos, se lavó el portaobjeto para luego cubrir con lugol y se dejó actuar durante 60 segundos, luego se agregó la cantidad suficiente de alcohol acetona hasta decolorar por un tiempo de 30 segundos, se lavó inmediatamente el portaobjeto con agua mediante un chorro de una pisseta, se aplicó el colorante de contraste safranina cubriendo la muestra durante 60 segundos, posterior a ello se lavó con agua y se dejó secar al aire para luego observar en el microscopio con un objetivo que permita la visualización más clara posible, finalmente los microorganismos Gram positivos se observaron de color azul-violeta y los Gram negativos de color rojo-rosa. Para la caracterización de hongos se determinó mediante el método de tinción de azul de lactofenol, primeramente, se agregó una gota de azul de algodón lactofenol sobre una lámina de portaobjeto, luego se dispersó con el material de estudio, luego se cubrió con el portaobjeto para la observación en el microscopio e identificándolos con la ayuda de características taxonómicas.

3.5.5. Determinación parámetros meteorológicos

Los parámetros meteorológicos fueron tomados en cada estación de muestreo. Mediante una estación meteorológica móvil RainWise. Se tomaron las siguientes variables meteorológicas; temperatura (°C), la velocidad de viento (m/s), la dirección de viento (°), y la humedad en unidades de porcentaje (Ccasani, 2019).

3.5.6. Diseño experimental

El diseño experimental que se aplicó en la investigación fue acorde a lo que se muestra en la Figura 11, para ello se tomó 6 puntos de monitoreo, de las cuales se recolectó un

total de 24 muestras, dentro de ello comprende 6 muestras de PM_{2.5}, 6 muestras de PM₁₀, 6 muestras microbiológicas para hongos y 6 muestras microbiológicas para bacterias.

En la figura 11 se visualiza el diseño experimental de puntos de muestreo.

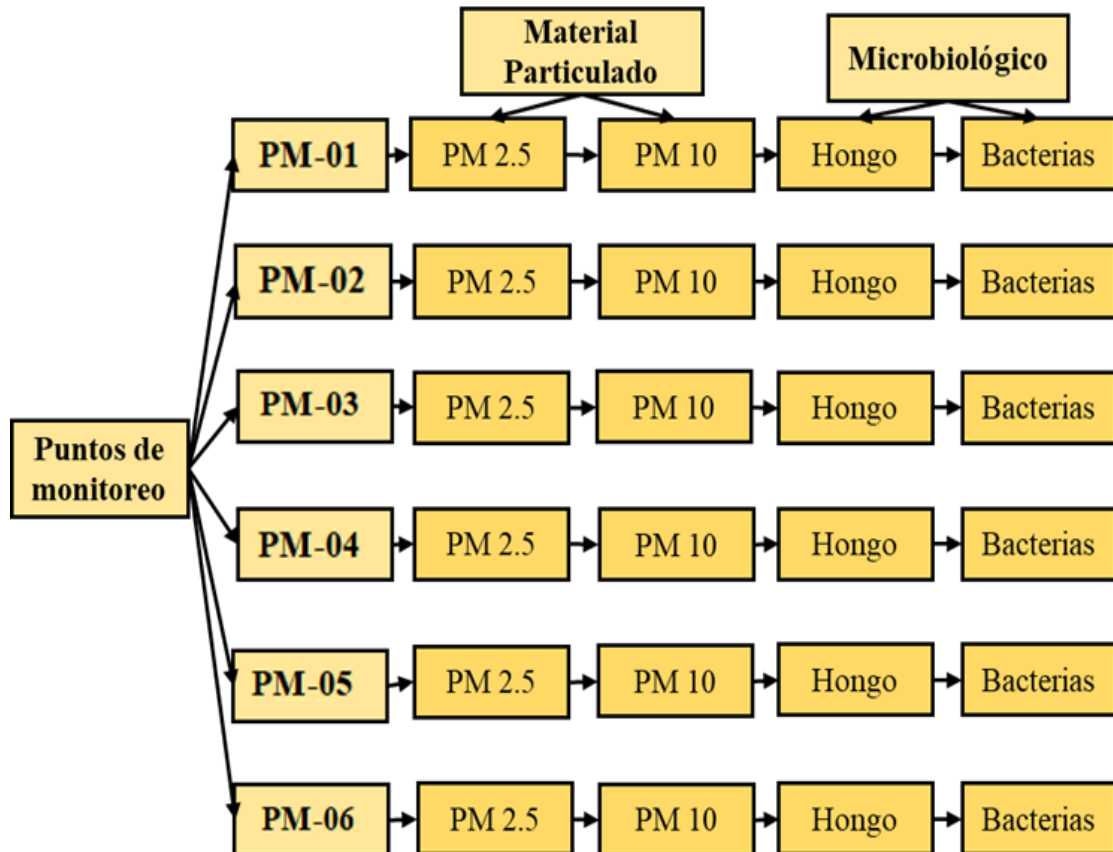


Figura 11: Diseño experimental
Fuente: Elaboración propia

Nota: PM = Punto de muestreo 1, Punto de muestreo 2..... Punto de muestreo x.

3.5.7. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se ejecutó mediante el software R, para ello se realizó el análisis de correlación lineal múltiple, con el fin de establecer la relación entre las concentraciones de microorganismos en el aire y material particulado con las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad y velocidad del viento, para así poder determinar los coeficientes de regresión, cuyo modelo estadístico se muestra en la fórmula 4:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 \quad (4)$$

Donde:

Y: Cantidad estimada de microorganismos (hongos y bacterias) (UFC/m³) o material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) (µg/m³).

X1 : Temperatura del aire (°C).

X2 : Humedad relativa (%).

X3 : Velocidad del viento (m/s).

a : Coeficiente de regresión (intercepto).

b, c y d : Coeficientes de regresión (pendientes).

Posterior a ello se realizó el análisis estadístico de regresión lineal múltiple mediante indicador de P-value para determinar si las variables independientes influyen en las variables dependientes, con la siguiente regla de decisión.

P-value < 0.05 Estadísticamente significativo.

P-value >0.05 Estadísticamente no significativo.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.6. Concentración de PM_{2.5} y PM₁₀ y factores meteorológicos

Los monitoreos de calidad de aire correspondiente a los contaminantes de material particulado de PM_{2.5}, PM₁₀, Microorganismos y de variables meteorológicas se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10

Ubicación de puntos de monitoreo

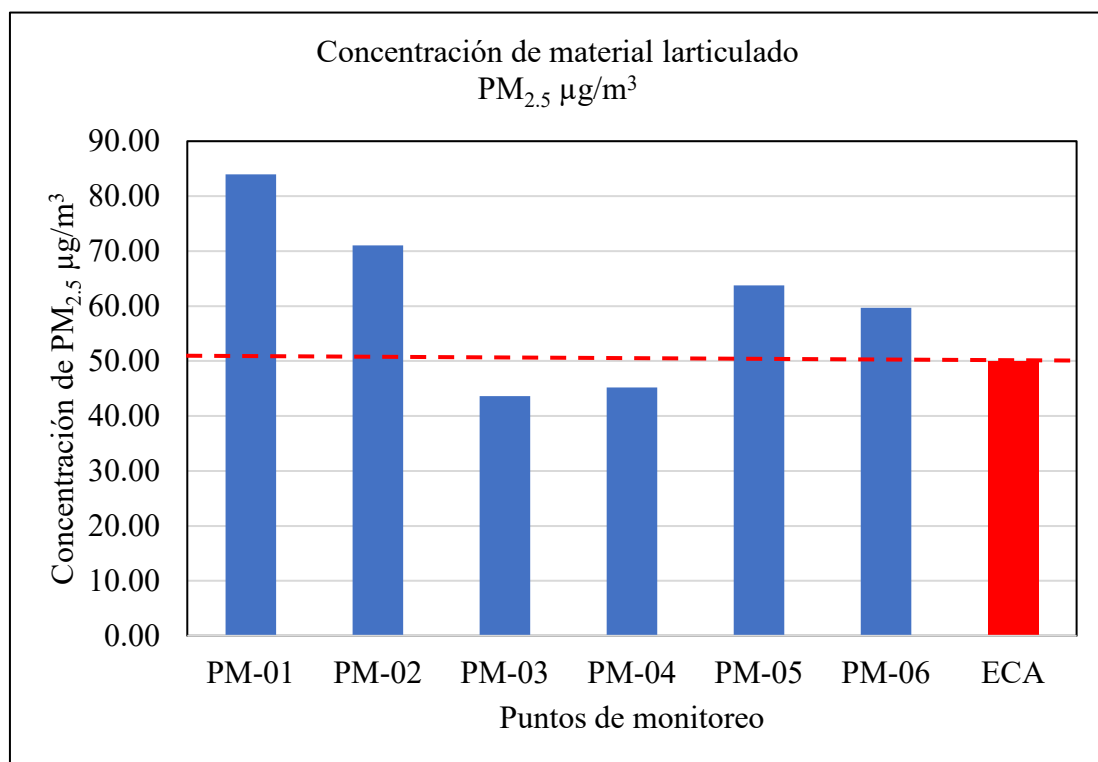
Estación de monitoreo	Lugar	Descripción	Coordenadas UTM		Zona
			WGS-84		
			Este (X)	Norte (Y)	
PM-01		Puente Independencia	381446.61	8289924.99	
PM-02		Av Circunvalación con Av Huancané	379371.15	8287812.71	
PM-03	Edificios multiusos	Av Triunfo	379194.71	8288346.31	
PM-04	del distrito de San Miguel	Av Circunvalación Este con Jr. 3 de octubre	378378.07	8288309.98	19 S
PM-05		Av Manco Capac con Jr. Aeropuerto	378660.28	8288833.31	
PM-06		Av Triunfo con Av Ramón Gutiérrez Paz.	379838.69	8289520.09	

3.6.1. Concentración de PM_{2.5}

En la tabla 11 se observa las concentraciones de PM_{2.5} en cada una de las estaciones de monitoreo y en la figura 12 la gráfica correspondiente.

Tabla 11*Concentración de PM_{2.5} en cada una de las estaciones de monitoreo*

Estación de monitoreo	Fecha	Concentración PM _{2.5} (µg/m ³)	Unidad	ECA nacional (µg/m ³)
PM-01	23/09/2023	83.95		
PM-02	18/09/2023	71.04		
PM-03	19/09/2023	43.63		
PM-04	20/09/2023	45.19	µg/m ³	50
PM-05	21/09/2023	63.74		
PM-06	22/09/2023	59.67		

*Figura 12. Concentración PM_{2.5} comparados con la normativa nacional estándares de calidad Ambiental para Aire*

En la tabla 11, se puede observar que los monitoreos realizados en los puntos de muestreo PM-01, PM-02, PM-05 y PM-06 (correspondiente al Puente Independencia, Av Circunvalación con Av Huancané, Av Manco Capac con Jr. Aeropuerto y Av Triunfo con Av Ramón Gutiérrez Paz), muestran concentraciones de 83.95, 71.04, 63.74,

59.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, los cuales sobrepasan los valores establecidos en la normativa peruana (ECA) para $\text{PM}_{2.5}$ de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas y en los puntos de muestreo PM-03 y PM-04 (correspondiente a la Av Triunfo y Av Circunvalación Este con Jr. 3 de octubre), con una concentración de 43.63 y 45.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que no superan la normativa nacional establecida.

Las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ en 6 puntos de monitoreo 4 de ellos superaron los valores de referencia establecido en la normativa nacional de estándares de calidad de aire D.S N° 003-2017-MINAM, tal cual se observa en la figura 12; que coincide con la investigación de Mamani & Calcina (2022) en área urbana del distrito de Juliaca las estaciones con mayor concentración de $\text{PM}_{2.5}$; son el CM-3, CM-4 y CM-5 (correspondiente a la Av Circunvalación este, Jr. Cahuide y Av Circunvalación Oeste y Jr. Jorge Chávez), con una concentración de 52.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 54.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 58.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales superan el Estándar establecido; de la misma forma (Huanca, 2016), determino concentraciones que sobrepasan la normativa de Estándar de Calidad Ambiental para aire en los puntos de muestreo de Plaza Bolognesi 54.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Arequipa presenta 57.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Circunvalación Este 54.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y todas estas investigaciones fueron realizadas en temporada de estiajes; mientras que Condori & Herrera, (2019), obtuvo concentraciones 7.5 ug/m^3 en el punto N°6, 22.5 ug/m^3 en el punto N°5, 21.95 ug/m^3 en el punto N°4, 24.1 ug/m^3 en el punto N°3, 7.5 ug/m^3 en el punto N°2 y 22.5 ug/m^3 en el punto N°1, las cuales se encontraron inferior de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual es el límite establecido en el ECA para aire, todo esto debido a que el monitoreo se realizó en temporada de avenida, teniendo en cuenta lo anterior se puede afirmar que las variables meteorológicas influyen en la concentración de material particulado; por ello sería uno de los variables relevantes de contaminación atmosférica; representando un riesgo para la salud ya que la polución del aire incrementa debido mayor concentración de parque automotor, industrialización, urbanización y otras actividades antrópicas (Córdova-Mendoza et al., 2021) y al estar expuesto a altas concentraciones de material particulado causan efectos nocivos sobre la salud de las personas, haciendo uso como medio de transporte principalmente las vía respiratoria, donde estas tienen la capacidad de ingresar en los pulmones, alojándose allí, dañando los tejidos e incrementando el riesgo de muerte por causas cardiopulmonares (Lara, 2018)

3.6.2. Concentración de PM₁₀

En la tabla 12 se observa las concentraciones de PM₁₀ en cada una de las estaciones de monitoreo y en la figura 13 la gráfica correspondiente.

Tabla 12

Concentración de PM₁₀ en cada una de las estaciones de monitoreo

Estación de monitoreo	Fecha	Concentración PM ₁₀ (µg/m ³)	Unidad	ECA nacional (µg/m ³)
PM-01	23/09/2023	148.97	µg/m ³	100
PM-02	18/09/2023	127.01		
PM-03	19/09/2023	89.23		
PM-04	20/09/2023	88.03		
PM-05	21/09/2023	124.08		
PM-06	22/09/2023	112.04		

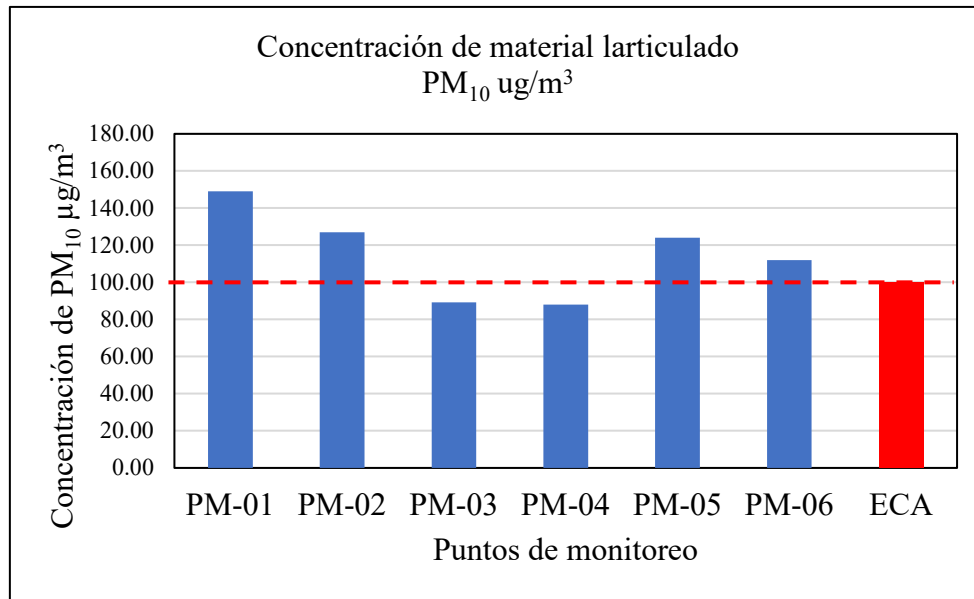


Figura 13. Resultados de concentración PM₁₀ comparados los estándares de calidad Ambiental de Aire

En la tabla 12, se puede observar que los monitoreos realizados en los puntos de muestreo PM-01, PM-02, PM-05 y PM-06 (correspondiente al Puente Independencia, Av Circunvalación con Av Huancané, Av Manco Capac con Jr. Aeropuerto y Av Triunfo

con Av Ramón Gutiérrez Paz), muestran concentraciones de 148.97, 127.01, 124.08 y 112.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, en los cuales sobrepasan los valores de Estándar de Calidad Ambiental nacional para PM_{10} de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por 24 horas y en los puntos de muestreo PM-03 y PM-04 (correspondiente a la Av Triunfo y Av Circunvalación Este con Jr. 3 de octubre), con una concentración de 89.23 y 88.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales no superan la normativa nacional establecida.

Las concentraciones de PM_{10} de los 6 puntos de monitoreo 4 de ellos exceden los valores de la referencia establecido en la normativa nacional de estándares de calidad de aire D.S N° 003-2017-MINAM, tal cual se observa en la figura 13; que coinciden con la investigación realizad por Quispe, (2023) en el distrito de Juliaca las estaciones con mayores concentración de PM_{10} , se obtuvieron valores promedio durante la temporada seca en los puntos de Z.A.V -1 (105.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Z.A.V - 2 (104.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en la Z.A.V - 3 (112.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), los cuales exceden la normativa Peruana - ECA (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); mientras que en la temporada de avenida se registraron concentraciones de Z.A.V-01 (55.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Z.A.V- 02 (52.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en la Z.A.V - 03 (80.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), los cuales no sobrepasan la normativa nacional; debido a que la humedad es alta, por ende no hay material particulado suspendido en la atmosfera; además Hanco (2017), reporta concentración de PM_{10} en la salida a Cusco con un valor de 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual excede la normativa nacional, de la misma forma Torres, (2022) obtuvo los siguientes resultado en el punto M-1 127.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 130.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el punto M – 2, 127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 140.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y una mayor concentración de partículas se encontró en el punto M – 3 obteniendo valores de 170.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en réplica 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, todos estos valores superan los Estándares de Calidad del Aire; las cuales están son influenciados directamente con las variables meteorológicas, donde las partículas en suspensión en el aire con un diámetro aerodinámico de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o menor a PM_{10} son una de las principales causantes de efectuar las enfermedades pulmonares (Mohebbichamkhorami et al., 2020).

3.6.3. Variables meteorológicas

En la tabla 13 se observa el promedio diario de factores meteorológicos para monitoreo de material particulado y en la figura 14 la gráfica correspondiente, donde estas variables son determinantes para la interpretación de resultados.

Tabla 13

Promedio diario de factores meteorológicos para monitoreo de material particulado

Estación de monitoreo	Fecha	Factores meteorológicos		
		Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad (m/s)
PM-01	23/09/2023	12.37	48.54	3.08
PM-02	18/09/2023	13.37	46.08	2.91
PM-03	19/09/2023	12.74	33.75	1.02
PM-04	20/09/2023	12.18	44.72	1.58
PM-05	21/09/2023	13.79	43.67	2.58
PM-06	22/09/2023	13.69	41.25	2.38
Promedio		13.02	43.00	2.26
Max		13.79	48.54	3.08
Min		12.18	33.75	1.02

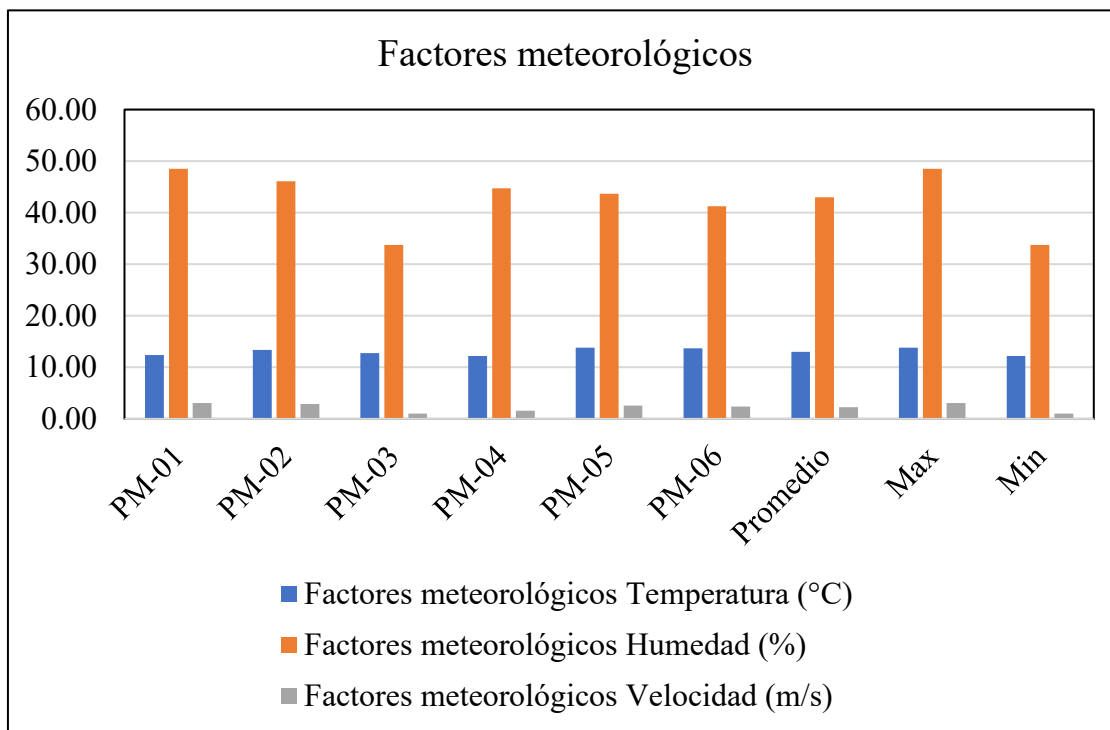


Figura 14. Factores meteorológicos para monitoreo de material particulado.

En la tabla 13 y figura 14, se visualizan los factores meteorológicos para monitoreo de material particulado registrados fueron lo siguiente; el valor promedio de temperatura registrado es de 13.02 °C, el máximo es de 13,79 °C y el mínimo es de 12, 18 °C; el valor promedio registrado para humedad es de 43.00 %, el máximo es de 48,54 % y el mínimo es de 33.75 %; en cuanto a la velocidad de viento el valor promedio registrado es de 2.26 m/s, el valor máximo registrada es de 3.08 m/s y la mínima fue de 1.02 m/s respectivamente. De las cuales no se reportó algún factor que afecte o este fuera de lo común respecto a la temporada de estiaje.

En la tabla 14 se observa el promedio diario de factores meteorológicos para monitoreo de microorganismo y en la figura 15 la gráfica correspondiente, donde estas variables son determinantes para la interpretación de resultados.

Tabla 14

Factores meteorológicos para monitoreo de microorganismos.

Estación de monitoreo	Fecha	Factores meteorológicos		
		Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad (m/s)
PM-01	23/09/2023	19.80	26.00	4.75
PM-02	18/09/2023	10.00	59.00	2.30
PM-03	19/09/2023	19.80	24.00	2.90
PM-04	20/09/2023	20.10	24.00	3.90
PM-05	21/09/2023	24.30	17.00	5.30
PM-06	22/09/2023	23.50	17.00	3.10
Promedio		19.58	27.83	3.71
Max		24.30	59.00	5.30
Min		10.00	17.00	2.30

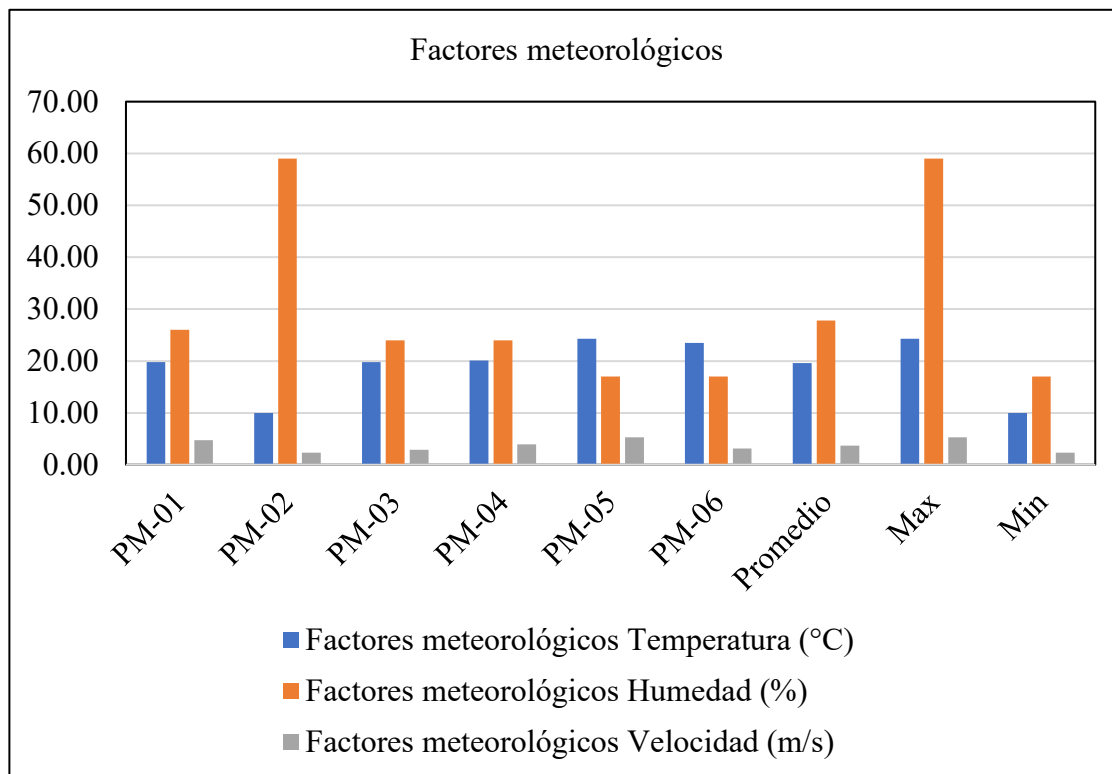


Figura 15. Factores meteorológicos para monitoreo de microorganismos.

En la tabla 14 y figura 15, se visualizan los factores meteorológicos para monitoreo de microorganismos registrados fueron lo siguiente; el valor promedio de temperatura registrado es de 19.58 °C, el máximo es de 24.30 °C y el mínimo es de 10.00 °C; el valor promedio registrado para humedad es de 27.83 %, el máximo es de 59.00 % y el mínimo es de 17.00 %; en cuanto a la velocidad de viento el valor promedio registrado es de 3.71 m/s, el valor máximo registrada es de 5.30 m/s y la mínima fue de 2.30 m/s respectivamente. De las cuales no se reportó algún factor que afecte o este fuera de lo común referente a la temporada de estiaje.

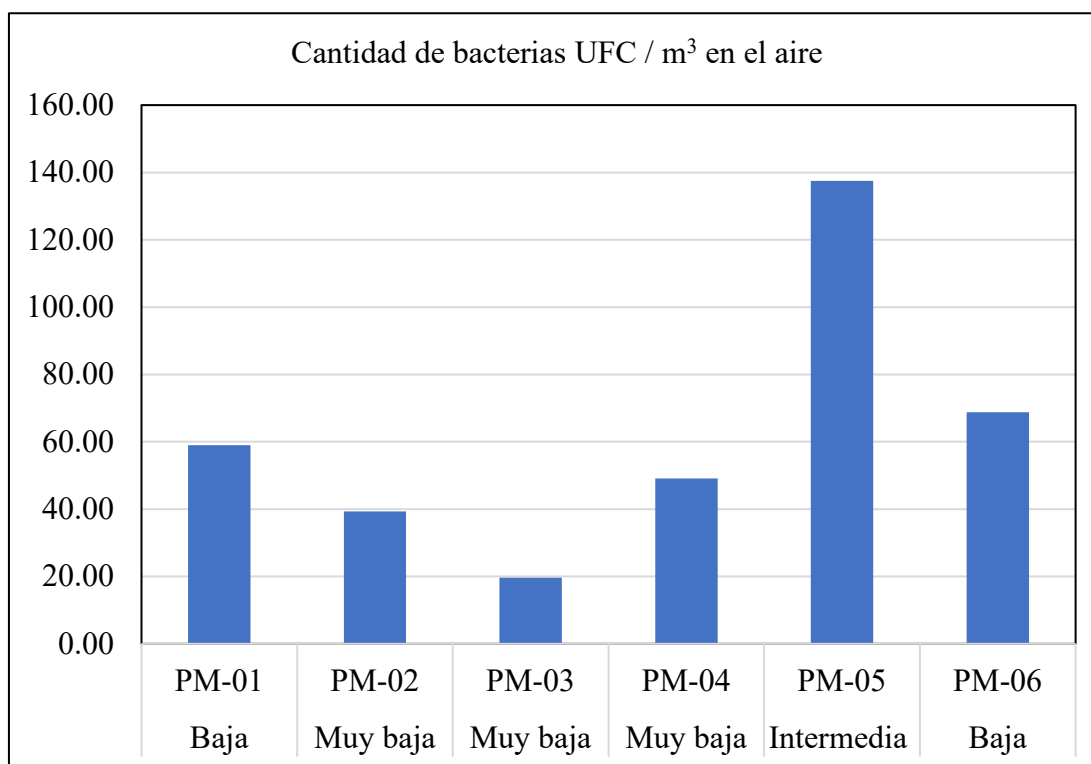
3.7. Cantidad de bacterias y hongos UFC / m³ en el aire

3.7.1. Cantidad de bacterias UFC / m³ en el aire

En la tabla 15 se observa la cantidad de bacterias UFC / m³ en el aire y en la figura 16 la gráfica correspondiente.

Tabla 15*Cantidad de bacterias UFC / m³ en el aire*

Estación de monitoreo	Fecha	Cantidad de bacterias UFC / m ³ en el aire	Unidad	Nivel de contaminación
PM-01	23/09/2023	58.946	UFC/m ³	Baja
PM-02	18/09/2023	39.297		Muy baja
PM-03	19/09/2023	19.649		Muy baja
PM-04	20/09/2023	49.122		Muy baja
PM-05	21/09/2023	137.541		Intermedia
PM-06	22/09/2023	68.770		Baja

*Figura 16. Cantidad de unidades formadora de colonia de bacterias UFC/m³.*

En la tabla 15 y figura 16, se muestran en el conteo de unidades formadoras de colonia (bacterias), que se encontraron en los 6 puntos de muestreo, en los puntos de muestreo PM-02, PM-03 y PM-04 correspondiente a la (Av Circunvalación con Av Huancané, Av Triunfo y Av Circunvalación Este con Jr. 3 de octubre), se tiene una concentración de 39.30, 19.65 y 49.12 UFC/m³, catalogado como nivel muy baja; en los puntos de muestreo PM-01, PM-06, correspondiente a (Puente Independencia y Av Triunfo con Av Ramón Gutiérrez Paz), se tiene una concentración de 58.95 y 68.77 UFC/m³; catalogado como nivel bajo y en donde se visualiza mayor concentración de bacterias es el punto de muestreo PM-05, correspondiente a la (Av Manco Capac con Jr. Aeropuerto), con una concentración de 137.54 UFC/m³, catalogado como nivel intermedia por la Organización Mundial de la Salud (OMS), Según el documento de edición de 1993, por la comisión de las Comunidades Europeas (Cost Project 613 Report n° 12), adaptado por (Araujo, 2020).

3.7.2. Cantidad de hongos UFC / m³ en el aire

En la tabla 16 se observa la cantidad de hongos UFC / m³ en el aire y en la figura 17 la gráfica correspondiente

Tabla 16

Cantidad de hongos UFC / m³ en el aire

Estación de monitoreo	Fecha	Cantidad de hongos UFC / m³ en el aire	Unidad	Nivel de contaminación
PM-01	23/09/2023	127.717		Intermedia
PM-02	18/09/2023	108.068		Intermedia
PM-03	19/09/2023	49.122	UFC/m ³	Baja
PM-04	20/09/2023	68.770		Baja
PM-05	21/09/2023	157.190		Intermedia
PM-06	22/09/2023	58.946		Baja

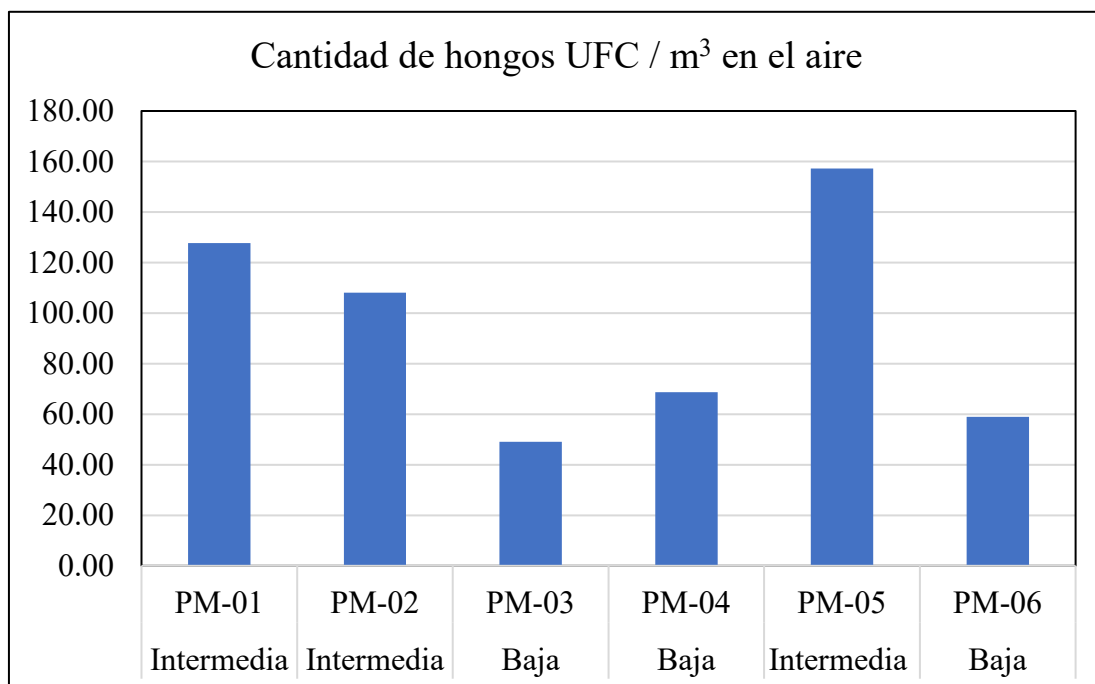


Figura 17. Cantidad de unidades formadora de colonia de hongos UFC/m³.

En la tabla 16, se muestra en el conteo de unidades formadoras de colonia (hongos), que se encontraron en los 6 puntos de muestreo, en los puntos de muestreo PM-03, PM-04 y PM-06 correspondiente a la (Av Triunfo, Av Circunvalación Este con Jr. 3 de octubre y Av Triunfo con AV Ramón Gutiérrez Paz), se tiene una cantidad de 49.12, 68.77 y 59.95 UFC/m³, catalogado como nivel baja y en los puntos de muestreo PM-01, PM-02 y PM-05 correspondientes a (Puente Independencia , Av Circunvalación con Av Huancané y Av Manco Capac con Jr. Aeropuerto), con una concentración de 127.72, 108.07 y 157.19 UFC/ m³, catalogado como nivel intermedia por la Organización Mundial de la Salud (OMS), Según el documento de edición de 1993, por la comisión de las Comunidades Europeas (Cost Project 613 Report n° 12), adaptado por (Araujo, 2020).

Lo anterior es similar con los resultado de Hassan et al., (2021), que demuestran lo siguiente para hongos 280 - 510 UFC/m³, de la misma forma para bacterias 20 -100 UFC/m³, esto en el ambiente exterior, por ello también hace mención Sempertegui Silva et al., (2024), que la temperatura y la humedad, fueron determinantes para la concentración de microorganismos de bacterias y hongos en el aire, por consecuente Chegini et al., (2020), menciona que a la exposición a las altas concentraciones de microorganismos en el aire afecta la salud de la población vulnerable.

3.8. Caracterizaciones morfológicas de microorganismos

3.8.1. Observación microscópica de bacterias

En la figura 18 se observa UFC/m³ de bacterias en el agar BHI y en la figura 19 la observación microscópica.

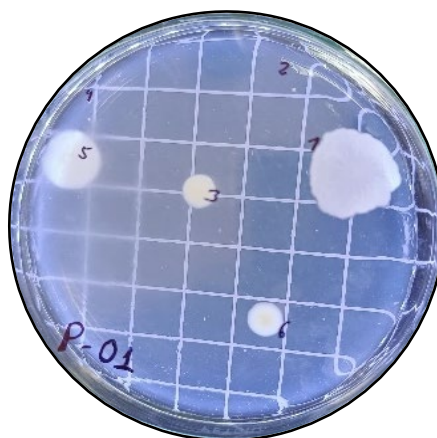


Figura 18. UFC/m³ de bacterias en el agar BHI.

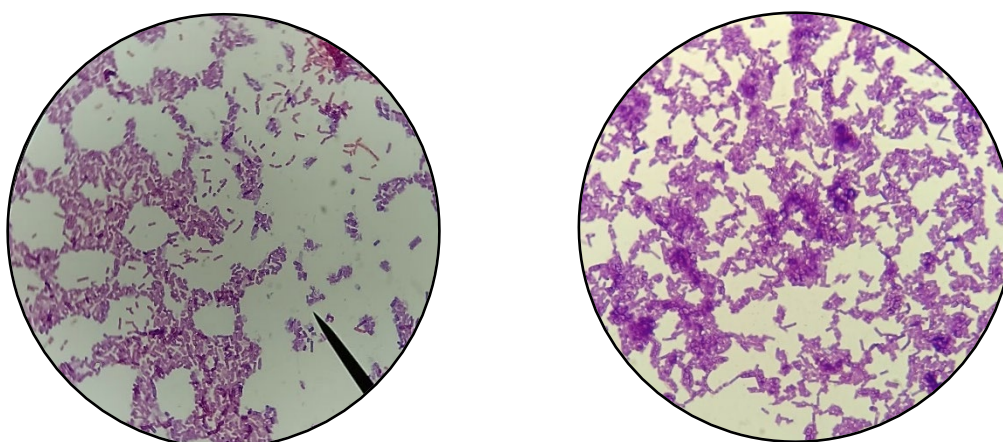


Figura 19. *Bacillus sp.* a través de un microscopio electrónico.

En la figura 18, se muestra los resultados obtenidos microscópicamente las bacterias muestreadas en el agar Infusión Cerebro Corazón Agar (BHI), Mediante la metodología tinción gram y observación microscópica que se observa en la figura 19, se ha determinado en los 6 puntos de muestreo, bacterias de gram negativas de genero *bacilluss sp.*; que coincide con la investigación de Palulun et al., (2024), que la concentración máxima de los microorganismos en el aire y los comunes son de genero *Bacillus sp*, ademas Hernández-Gómez et al., (2014), mencion los especies de bacterias

más comunes tales como; *Escherichia coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* y *A. baumannii*, que lideran el número de aislamientos entre los bacilos Gram negativos, a su vez son bacterias con características esporuladas donde en su mayoría de estas estas habitan en el medio ambiente (Guo et al., 2020); de la misma forma las bacterias gramnegativas pueden causar diferentes infecciones graves, como neumonía, infecciones de las vías urinarias, infecciones del torrente sanguíneo, infecciones en la herida o el sitio quirúrgico y meningitis, además de ello son cada vez más resistentes a los antibióticos (M. Bush, 2022)

3.8.2. Observación microscópica de hongos

En la figura 20 se observa UFC/m³ de hongos en el agar Sabouraud y en la figura 21 la observación microscópica

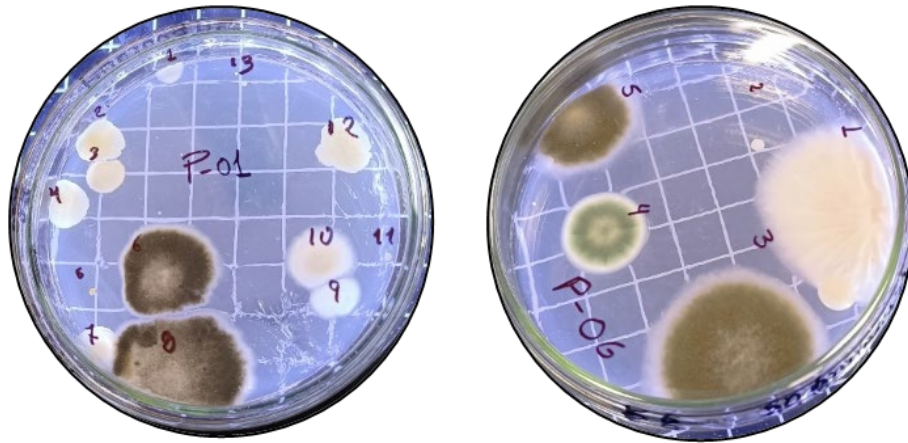


Figura 20. Placas petri con crecimiento de hongos.

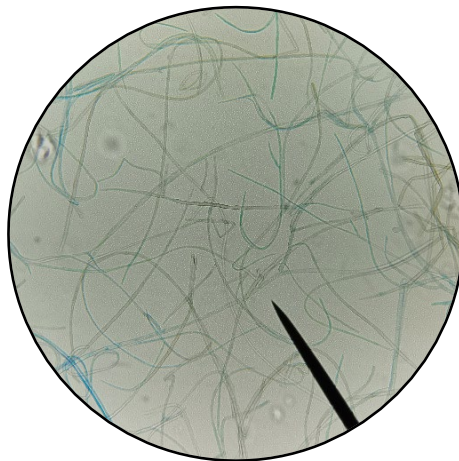


Figura 21.. *Penicillium* sp.

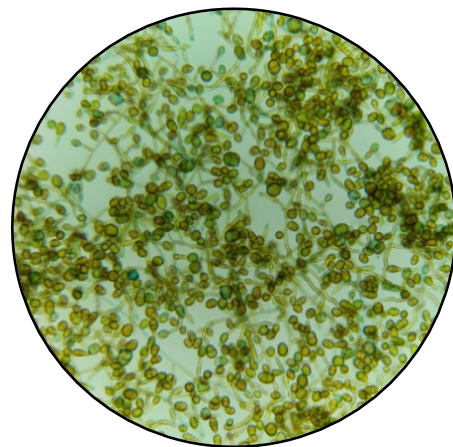


Figura 22. *Aspergillus* sp.

En las figuras 20, podemos visualizar en el medio de cultivo de agar Sabouraud UFC/m³ del género fungí, de acuerdo a la observación microscópica con tinción de azul de lactofenol que se visualiza en la figura 21 y 22, los cuales fueron identificados por revisión de literatura de acuerdo a su morfología, llegando identificar hongos de genero *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* en los 6 puntos que se tomó la muestras se observa UFC/m³ con las mismas características. Teniendo en cuenta que los principales hongos presentes en el aire con más frecuencia son *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* (Jędryczka, 2014); según Ramos & Meza (2017), los hongos predominantes durante el periodo de muestreo en el ambiente exterior fueron, *Penicilliumsp.* y *Aspergillus sp.*, estos hongos denominados como los más severos en la inducción de alergias; de la misma forma Herrera et al. (2015), reporta los géneros más predominantes durante los muestreos, tanto en el ambiente interior y exterior muestreadas fueron *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.* y *Aspergillus sp.*; además los hongos de géneros *Aspergillus* y *Penicillium* producen más esporas que otras especies, en consecuencia, estos géneros, se asocian con síntomas alérgicos en el sistema respiratorio (Fischer & Dott, 2003), también tienen una gran incidencia en enfermedades respiratorias tales como: neumonías, micosis sistémicas e hipersensibilidad Granadillo-Cuello et al., (2017) y al estar expuesto a altas cantidades de hongos aspergillus ocasionan aspergilosis que afecta a los pulmones que, mediante la inacción ingresan a los pulmones, donde estas comúnmente se encuentra en el medio ambiente Alvarez & Denning, (2017) y más a un afecta a la población vulnerable o que esta hayan sufrido alguna enfermedad pulmonar (Garcia-Vidal et al., 2019).

3.9. Análisis estadístico

3.9.1. Relación entre las concentraciones de PM_{2.5} y elementos meteorológicos.

En la table 17 se visualiza el resumen estadístico de regresión lineal múltiple de PM_{2.5} y variables meteorológicas, en la tabla 18 para PM₁₀ y variables meteorológicas, en la tabla 19 para UFC/m³ (Bacteria) y variables meteorológicas y en la tabla 20 para UFC/m³ (Hongos) y variables meteorológicas

Tabla 17*Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de PM_{2.5} y variables meteorológicas*

Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	R-squared	p-value
(Intercept)	216.8241	33.3911	6.493	0.0229		
Humedad (%)	-1.982	0.4064	-4.877	0.03956	0.9943	0.009
Temperatura (°C)	-10.9012	1.856	-5.874	0.02778		
Velocidad (m/s)	31.7061	2.7491	11.533	0.00743		

En la tabla 17, se evidencia que si existe una relación lineal significativamente entre las concentraciones PM_{2.5} y las variables meteorológicas como; humedad, temperatura y velocidad, debido a que se mostró un valor de p-valué de 0.009 que es menor a 0.05 y un valor de coeficiente de determinación múltiple (R²) de 0.994 en el cual nos indica que existe una correlación positiva al 99.4 %.

3.9.2. Relación entre las concentraciones de PM₁₀ y elementos meteorológicos

Tabla 18*Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de PM₁₀ y variables meteorológicas*

Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	R-squared	p-value
(Intercept)	335.463	121.902	2.752	0.1106		
Humedad (%)	-3.195	1.484	-2.154	0.1641	0.9673	0.049
Temperatura (°C)	-14.808	6.776	-2.186	0.1604		
Velocidad (m/s)	48.587	10.036	4.841	0.0401		

En la tabla 18, podemos visualizar que si existe relación lineal significativamente entre las concentraciones PM₁₀ y las variables meteorológicas como; humedad, temperatura y

velocidad, debido a que se mostró un valor de p-valor de 0.049 que es menor a 0.05 y un valor de coeficiente de determinación múltiple (R^2) de 0.967 en el cual nos indica que existe una correlación positiva de 96.7 %.

De acuerdo a los resultados de la tabla 17 y 18, en donde si existe una correlación significativa en las concentraciones $PM_{2.5}$, PM_{10} con las variables meteorológicas; las cuales coinciden con la investigación de Achata, (2020); donde concluye que los factores meteorológicos como la temperatura, velocidad; dirección del viento y la humedad son variables influyentes en la determinación de la concentración de material particulado; de la misma forma Vivanco, (2019), afirma que si existe una de correlación significativa para la concentración de PM_{10} y las variables meteorológicas de humedad, temperatura y velocidad del viento y consecuentemente para la concentración de $PM_{2.5}$; además Zhai et al., (2019), demuestra que la variables meteorológicas contribuyen de manera significativamente tendencias de concentración de material particulado. Pero se debe tener en cuenta que las factores meteorológicos como la temperatura, la radiación solar y la velocidad del viento tienen relación directa con este fenómeno; es decir, si una variable aumenta la otra también; sin embargo, en cuanto a los factores meteorológicos como precipitación y humedad , se mantiene una relación inversa; es decir, si una variable aumenta la otra disminuye (Castillo, 2019).

3.9.3. Relación entre la cantidad de UFC/m³ (Bacteria) y elementos meteorológicos

Tabla 19

Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de UFC/m³ (Bacteria) y variables meteorológicas

Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	R-squared	p-value
(Intercept)	-934.784	126.247	7.404	0.0178		
Humedad (%)	10.234	1.444	7.086	0.0193	0.9839	0.024
Temperatura (°C)	33.461	4.657	7.185	0.0188		
Velocidad (m/s)	15.337	4.248	3.611	0.0689		

En la tabla 19, podemos visualizar que si existe relación lineal significativa entre las cantidad UFC/m³ (Bacteria) y las variables meteorológicas como; humedad, temperatura y velocidad, debido a que se mostró un valor de p-valué de 0.024 que es menor a 0.05 y un valor de coeficiente de determinación múltiple (R²) de 0.984 en el cual nos indica que existe una correlación positiva de 98.42 %.

3.9.4. Relación entre la cantidad de UFC/m³ (hongos) y elementos meteorológicos
Tabla 20

Resumen estadístico de regresión lineal múltiple de UFC/m³ (Hongos) y variables meteorológicas

Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	R-squared	p-value
(Intercept)	-604.434	185.701	-3.255	0.0828		
Humedad (%)	7.611	2.124	3.583	0.0698	0.9689	0.046
Temperatura (°C)	18.009	6.851	2.629	0.1193		
Velocidad (m/s)	36.372	6.248	5.821	0.0283		

En la tabla 20, podemos visualizar que si existe relación lineal significativa entre la cantidad UFC/m³ (Hongos) y las variables meteorológicas como; humedad, temperatura y velocidad, debido a que se mostró un valor de p-valué de 0.046 que es menor a 0.05 y un valor de coeficiente de determinación múltiple (R²) de 0.969 en el cual nos indica que existe una correlación positiva de 96.8 %.

De acuerdo a los resultados de la tabla 19 y 20, en donde si existe una correlación significativa en las concentraciones UFC/m³ (bacterias y hongos) con las variables meteorológicas. Según menciona Villar (2018), la concentración de microorganismos poseen una correlación significativa con las variables meteorológicas; de la misma forma menciona Gomez et al. (2021), que la incidencias de variables meteorológicas como temperatura, humedad influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de los

microorganismos y en su posterior propagación por el medio ambiente, además menciona Siebielec et al. (2020), que la humedad es uno de los factores más importante de la calidad del aire, que en su mayoría contribuye al desarrollo de microorganismos, donde estas a su vez puede provocar reacciones alérgicas a los individuos que se exponen e inhalan dichos microorganismos.

En la tabla 21 se visualiza la Ecuaciones de regresiones lineales múltiples para diferentes elementos, donde la ecuación determina la relación que existe entre una variable dependiente y variables independientes.

Tabla 21

Ecuaciones de regresiones lineales múltiples para diferentes elementos

Nº	Elementos	Ecuación de regresión
1	PM _{2.5}	$[PM_{2.5}] = 216.8241 - 1.982(H) - 10.9012(T) + 31.7061(V)$
2	PM ₁₀	$[PM_{10}] = 335.463 - 3.195(H) - 14.808(T) + 48.587(V)$
3	Bacterias	$[Bacterias] = -934.784 + 10.234(H) + 33.461(T) + 15.337(V)$
4	Hongos	$[Hongos] = -604.434 + 7.611(H) + 18.009(T) + 36.372(V)$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las concentraciones tanto para el PM_{2.5} y PM₁₀, de los 6 puntos de monitoreo 4 de ellos superan el Estándar de Calidad Ambiental para aire; para PM_{2.5}, en los puntos de muestreo PM-01, PM-02, PM-05 y PM-06 con valores de 83.95 µg/m³, 71.04 µg/m³, 63.74 µg/m³, y 59.67µg/m³; para PM₁₀ en los puntos PM-01, PM-02, PM-05 y PM-06, con valores de 148.97, 127.01, 124.08 y 112.04 µg/m³. Por lo tanto, existe contaminación de calidad de aire en del distrito de San Miguel y la población está en riesgo debido a la exposición constante a partículas de PM_{2.5} y PM₁₀ y las cantidades de UFC/m³ tanto para bacterias y hongos, los resultados encontrado son valores hasta de nivel intermedia que oscilan en un rango de 100 a 500 UFC/m³ en el aire; para bacterias en el punto de muestreo PM-05 con una cantidad de 137.54 UFC/m³ y para hongos en los puntos, PM-01, PM-02 y PM-05 con cantidades de 127.72, 108.07 y 157.19 UFC/ m³, todo estos catalogados como nivel intermedia y en resto de los puntos se ha encontrado todos inferiores a 100 UFC/m³, estos catalogados como nivel baja y muy baja, en consecuencia estas no afecta la salud de la población debido a la baja presencia en la zona de estudio.

De acuerdo al análisis microbiológico de calidad del aire del distrito de San Miguel, donde se determinó en los 6 puntos de muestreos tanto para bacterias y hongo, se ha logrado identificar bacterias de genero *Bacillus sp.* todas estas de gram negativas y hongos de genero *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*

5.2. Recomendaciones

Tomar acciones políticas frente a la calidad de aire del distrito de San Miguel por parte de la Municipalidad, principalmente por el ordenamiento territorial, realizando asfalto de vías, implementado nuevas áreas verdes y realizado el ordenamiento el transporte público.

Realizar investigación en las dos épocas del año, tanto en temporada de estiaje y temporada de avenida.

Para identificación microorganismo no solo basta con la observación microscópica, para ello se recomienda utilizar otros métodos como pruebas bioquímicas y pruebas moleculares, ya que con ello se tendría resultados más verídicas.

Realizar un estudio a detalle especialmente de microorganismos como bacterias, hongos y virus; presentes en el aire del distrito de San Miguel, sobre todo en los puntos críticos de contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharya, R. (2017). Tropospheric impairments: Measurements and mitigation. In *Satellite Signal Propagation, Impairments and Mitigation* (pp. 195–245). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809732-8.00007-7>
- Achata, C. (2020). Partículas en Suspensión PM10 en el sector de talleres de metal mecánica de la ciudad de Puno PM10 Particles in Suspension in the metal mechanic workshop sector of the city of Puno. *Revista de Ciencias Naturales*, 2(1), 128–136. <http://revistas.unap.edu.pe/journal/index.php/RCCNN/article/view/377/348>
- Albornoz, J. J. (2014). *Estudios de la calidad microbiológica del aire interior de la biblioteca Agrícola Nacional (BAN) en la Universidad Nacional Agraria la Molina en base a los hongos ambientales* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2438/T01-J3-T.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Álvarez, Á. P., & Mesa, G. H. (2009). *Correlación de microorganismos patógenos en los ambientes intra y extramural presentes en jardines infantiles más y menos influenciados por factores contaminantes ubicados en las localidades de Fontibón y Kennedy*. [Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1133&context=ing_ambiental_sanitaria
- Alvarez, E., & Denning, D. W. (2017). Serious fungal infections in Chile. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 36(6), 983–986. <https://doi.org/10.1007/s10096-017-2925-8>
- AQUAE. (2022). *Contaminación del aire: causas y tipos*. AQUAE Fundación. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-y-tipos-de-la-contaminacion-del-aire/>
- Araujo, J. (2020). *Método de sedimentación pasiva*. https://www.researchgate.net/publication/343948898_METODO_DE_SEDIMENTACION_PASIVA
- Asghar, K., Ali, A., Tabassum, A., Nadeem, S. G., Hakim, S. T., Amin, M., Raza, G., Bashir,

- S., Afshan, N., Usman, N., Aurangzeb, N., Naz, A., & Hussain, M. (2024). Assessment of particulate matter (PM) in ambient air of different settings and its associated health risk in Haripur city, Pakistan. *Brazilian Journal of Biology*, 84, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256190>
- Ayuntamiento de valladoid. (2021, February 22). *Material particulado PM10/PM2,5*. Ayuntamiento de Valladolid. <https://www.valladolid.es/es/rccava/contaminantes/material-particulado-pm10-pm2-5>
- Beringui, K., Quijano, M., Justo, E., Ventura, L., & Gioda, A. (2021). Avaliação da concentração e composição inorgânica do material particulado coletado no estado do rio de Janeiro. *Química Nova*, 44(6), 737–754. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170717>
- Bio-Rad. (2019). *Agar sabouraud*. https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/inserts/CDG/es/56524_2019_07_ES.pdf
- Biosait europe. (2023, February 22). *¿Qué son las PM 2.5 y las PM 10?* Biosair Europe-Laboratorio de Análisis. <https://biosait.com/que-son-las-pm-2-5-y-las-pm-10/>
- Boldo, E. (2016). *La contaminación del aire*. Instituto de Salud Carlos III. <https://doi.org/10.4321/repisalud.7274>
- Bush, L. M. (2023). *Introducción a las bacterias grampositivas*. Manual MSD. <https://www.msdmanuals.com/es-ec/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-introducción/introducción-a-las-bacterias>
- Castillo, G. A. (2019a). *Evaluación de microorganismos patógenos oportunistas en el material particulado atmosférico en el campus universitario de la UNASAM, Shancayan-Independencia-Huaraz, 2018* [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4084>
- Castillo, G. A. (2019b). *Evaluación de microorganismos patógenos oportunistas en el material particulado atmosférico en el campus universitario de la UNASAM, Shancayan - Independencia - Huaraz, 2018* [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Evaluación de microorganismos patógenos oportunistas en el material particulado atmosférico en el campus universitario de la UNASAM, Shancayan - Independencia -

Huaraz, 2018

- Ccasani, J. C. (2019). *Ciclo diario y ciclo anual de los vientos superficiales observados en la zona central oeste del Valle del Mantaro , Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Chegini, F. M., Baghani, A. N., Hassanvand, M. S., Sorooshian, A., Golbaz, S., Bakhtiari, R., Ashouri, A., Joubani, M. N., & Alimohammadi, M. (2020). Indoor and outdoor airborne bacterial and fungal air quality in kindergartens: Seasonal distribution, genera, levels, and factors influencing their concentration. *Building and Environment*, 175(May), 106690. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106690>
- Condori, M. A., & Herrera, V. S. (2019). *Evaluación de los niveles de dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y la densidad total del polvo con sensores de calidad de aire en la ciudad de Juliaca, Puno, 2018* [Universidad peruana unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2713>
- Contreras, M., González, T., Ayora, T., Martínez, Z., & López, N. (2017). ¿Qué son los microbios? *Ciencia*, 68(2), 8. http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf
- Córdova-Mendoza, P., Barrios-Mendoza, T. O., & Cordova-Barrios, I. C. (2021). Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú. *Revista Cubana de Química*, 33(1), 138–152. <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=ba7abc89-b66b-4787-9670-c4d27b046a98%40redis>
- Creswel, J. W. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (p. 26). SAGE Publications. <https://cumming.ucalgary.ca/sites/default/files/teams/82/communications/Creswell 2003 - Research Design - Qualitative%2C Quantitative and Mixed Methods.pdf>
- De la Rosa, M. C., Mosso, M. A., & Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*, 5, 375–402. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A>

- De Paula Santos, U., Abdo Arbex, M., Ferreira Braga, A. L., Futoshi Mizutani, R., Delfini Cançado, J. E., Terra-Filho, M., & Chatkin, J. M. (2021). Environmental air pollution: respiratory effects. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 47(1), e20200267. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267>
- DIGESA. (2005). *Protocolo de calidad de aire y gestión de datos*. http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf
- DS N° 003-2017-MINAM. (2017). *Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>
- Ecotech. (2015). *HiVol 3000 high volume Air sampler user manual 1.8*. <https://www.ecotech.com/wp-content/uploads/2015/02/HiVol-3000-Manual.pdf>
- EPA. (2021). *Conceptos básicos sobre el material particulado*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- EPA. (2022, February 22). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Eraso, Y. Y. (2020). *Comportamiento de las variables meteorológicas en el periodo 2010 al 2020 en el Valle del Mantaro* [Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/9078>
- Eslava Pedraza, J. E., Martínez Sarmiento, F. A., Soto Vergel, Á. J., Vera Roza, E. J., & Guevara Ibarra, D. (2021). Generación de mapas de contaminación por material particulado mediante sistemas embebidos: caso de estudio en Cúcuta (Colombia). *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 13(3), 86–97. <https://doi.org/10.22335/rlct.v13i3.1433>
- Fischer, G., & Dott, W. (2003). Relevance of airborne fungi and their secondary metabolites for environmental, occupational and indoor hygiene. In *Archives of Microbiology* (Vol. 179, Issue 2, pp. 75–82). <https://doi.org/10.1007/s00203-002-0495-2>

- Gamboa, R. (2021). *Estudio de la calidad microbiológica del aire en diferentes municipios del área metropolitana de Monterrey* [Universidad Autónoma de Nuevo León]. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=ESTUDIO+DE+LA+CALIDAD+MICROBIOLÓGICA+DEL+AIRE+EN+DIFERENTES+MUNICIPIOS+DEL+ÁREA+METROPOLITANA+DE+MONTERREY&btnG=#d=gs_cit&t=1653511913447&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AFdT_jZ_djOQJ%3Ascholar.google.com%2F
- Garcés, E., Correa, M., Coba, B., Orozco, M., Zapata, A. C., Anacona, A., & Sabogal, S. P. (2003). *Morfología y clasificación de hongos*. Universidad Nacional de Colombia. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79887/Morfología y clasificación de los hongos.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79887/Morfología_y_clasificación_de_los_hongos.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- García-Vidal, C., Alastruey-Izquierdo, A., Aguilar-Guisado, M., Carratalà, J., Castro, C., Fernández-Ruiz, M., Aguado, J. M., Fernández, J. M., Fortún, J., Garnacho-Montero, J., Gavalda, J., Gudiol, C., Guinea, J., Gómez-López, A., Muñoz, P., Pemán, J., Rovira, M., Ruiz-Camps, I., & Cuenca-Estrella, M. (2019). Executive summary of clinical practice guideline for the management of invasive diseases caused by *Aspergillus*: 2018 Update by the GEMICOMED-SEIMC/REIPI. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 37(8), 535–541. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2018.03.018>
- García Delgadillo, J. M. (2022). Uso de imágenes satelitales MODIS-MAIAC (AOD) como indicadores cualitativos de la concentración de material particulado (PM_{2,5}) en la ciudad de Bogotá. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 31(1), 211–221. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.87247>
- Gołofit-Szymczak, M., & Górny, R. L. (2018). Microbiological air quality in office buildings equipped with ventilation systems. *Indoor Air*, 28(6), 792–805. <https://doi.org/10.1111/ina.12495>
- Gomez, D., García, D., Lache, J., & Cuéllar, L. (2021). Análisis microbiológico de contaminantes atmosféricos en la plaza de mercado del sur de la ciudad de Tunja, Boyacá. *Cuaderno Activa*, 13(1), 25–40. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/749>
- Gomez, D., & Montaya, M. (2024). *Calidad del aire y salud en la zona metropolitana del valle*

de Toluca (p. 8).
<https://cevece.edomex.gob.mx/sites/cevece.edomex.gob.mx/files/files/docs/boletin/2024/BoletinCalidadAireJun2024.pdf>

- Gonzales, G. F., Zevallos, A., Gonzales, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K., & Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población Peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 31(3), 547–556. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n3/a21v31n3.pdf>
- Gonzalez, R., Elizalde, B., Cortés, M. E., & Orduña, M. (2020). *Las tinciones básicas en el Laboratorio de Microbiología: Un enfoque gráfico*. <https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Tinciones.pdf>
- Granadillo-Cuello, J. A., Armesto-Arenas, A., Hernández-Criado, J. C., Duarte, J. A., & Pedraza-Felizola, M. (2017). Hongos asociados al material particulado, en Ocaña Norte de Santander. *Revista Ingenio*, 12(1), 75–83. <https://doi.org/10.22463/2011642X.2126>
- Guo, J., Xiong, Y., Kang, T., Xiang, Z., & Qin, C. (2020). Bacterial community analysis of floor dust and HEPA filters in air purifiers used in office rooms in ILAS, Beijing. *Scientific Reports*, 10(1), 6417. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63543-1>
- Han, L., Zhou, W., Pickett, S. T. A., Li, W., & Qian, Y. (2018). Multicontaminant air pollution in Chinese cities. *Bulletin of the World Health Organization*, 96(4), 233-242E. <https://doi.org/10.2471/BLT.17.195560>
- Hanco, A. M. (2017). *Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7132>
- Hart, S. (2018). *Patógenos desconcertantes*. ASU - Ask A Biologist. <https://askabiologist.asu.edu/patógenos-desconcertantes>
- Hernández-Gómez, C., Blanco, V. M., Motoa, G., Correa, A., Maya, J. J., De la Cadena, E., Perengüez, M., Rojas, L., Hernández, A., Vallejo, M., & Villegas, M. V. (2014). Evolución de la resistencia antimicrobiana de bacilos Gram negativos en unidades de cuidados

- intensivos en Colombia. *Biomédica*, 34(SUPPL.1), 91.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i0.1667>
- Herrera, K., Cóbar, O., Barrios, R., Pierola, K., Chamalé, W., Rosales, C., Quan, J., Moreno, M., Paxtor, J., & Maas, J. (2015). Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos colecciones biológicas y dos museos de la ciudad de Guatemala. *Revista Científica*, 25(2), 43–58. <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v25i2.90>
- Hu, H., Kikumoto, H., & Ooka, R. (2024). Effect of wind direction on natural ventilation in a multiple-room house via field measurements and numerical simulations. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 248(April), 105718. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2024.105718>
- Huanca, P. F. (2016). *Concentración de material particulado menores a 2.5 micrómetros para la gestión de áreas verdes en la ciudad de Juliaca* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4197>
- Ilizarbe-Gonzales, G. M., Valdiviezo, L. G., Rojas-Quincho, J. P., Cabello-Torres, R. J., & Ugarte-Alvan, C. A. (2020). Chemical characteristics and identification of PM10 sources in two districts of Lima, Peru. *DYNA*, 87(215), 57–65. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.83688>
- INEI. (2016). *Calidad del aire*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1442/cap08.pdf
- Jędryczka, M. (2014). Aeromycology: studies of fungi in aeroplankton. *Folia Biologica et Oecologica*, 10, 18–26. <https://doi.org/10.2478/fobio-2014-0013>
- Kanhai, G., Fobil, J. N., Nartey, B. A., Spadaro, J. V., & Mudu, P. (2021). Urban Municipal Solid Waste management: Modeling air pollution scenarios and health impacts in the case of Accra, Ghana. *Waste Management*, 123, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.005>
- Kolwzan, B., Adamiak, W., Grabas, K., & Pawelczyk, A. (2006). *Introduction to Enviromental Microbiology*. <http://www.oficyna.pwr.edu.pl/wp-content/media/Kolwzan-B.-Adamiak->

W.-Grabas-K.-Pawelczyk-A.-Introduction-to-environmental-microbiology.pdf

Kotsyfakis, M., Zarogiannis, S., & Patelarou, E. (2019). The health impact of Saharan dust exposure. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 32(6), 749–760. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01466>

Laboratorios Britania S.A. (2021). *Agar infusión cerebro corazón (BHI)*. https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6092dbb1a7ed4.pdf

Lara, C. A. (2018). *Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio La Esperanza, ciudad de Riobamba por incidencia de aserraderos* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/browse?type=author&value=Lara+Basantes%2C+Cristian+Artuto>

Liu, Y., Yang, Z., Liu, Q., Qi, X., Qu, J., Zhang, S., Wang, X., Jia, K., & Zhu, M. (2021). Study on chemical components and sources of PM_{2.5} during heavy air pollution periods at a suburban site in Beijing of China. *Atmospheric Pollution Research*, 12(4), 188–199. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2021.03.006>

Ludeña, P. B. (2023). *Material particulado pm10 en el aire de la ciudad de Cajamarca y valoración del impacto en la salud humana - 2019* [Universidad Nacional De Cajamarca]. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5165/Tesis Lorena Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5165/Tesis_Lorena_Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Luján, E. (2022, March 26). El aire que respira el Perú es el más contaminado de toda América Latina. *La República*, 5. <https://larepublica.pe/sociedad/2022/03/26/peru-esta-en-el-puesto-1-de-los-10-paises-de-america-latina-con-la-peor-calidad-de-aire-segun-estudio-de-iqair>

M. Bush, L. (2022). *Introducción a las bacterias gram negativas*. Manual MSD. <https://www.msdmanuals.com/es-ec/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-gramnegativas/introducción-a-las-bacterias-gram-negativas>

Magaña-Villegas, E., Día- López, M. C., Ramos-Herrera, S., Carrera-Velúeta, J. M., & Vilchis-Peralta, O. J. (2020). Air quality trend and proposal of a web application for the

- atmospheric monitoring network in Tabasco, México. *TECCIENCIA*, 15(28), 15–28.
<https://doi.org/10.18180/tecciencia.28.2>
- Mamani, M., & Calcina, J. (2022). *Contaminación microbiológica y de metales totales en material particulado igual o menor a 2.5 micras en el área urbana de Juliaca* [Universidad Nacional de Juliaca]. <http://repositorio.unaj.pe:8080/xmlui/handle/UNAJ/244>
- Mansilla, L. M. (2019). *Calidad microbiológica del aire y superficies en interiores del comedor de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María* [Universidad Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1734>
- Marti, C. (1991). *NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire*. https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_299.pdf/c33a7078-3608-4c56-914e-12946c3c660c
- Martínez-Muñoz, A., Hurtado-Díaz, M., Cruz, J. C., & Riojas-Rodríguez, H. (2020). Mortalidad aguda asociada con partículas suspendidas finas y gruesas en habitantes de la zona Metropolitana de Monterrey. *Salud Pública de México*, 62(5, sep-oct), 468–476.
<https://doi.org/10.21149/11184>
- Martinez, M. A. (2018). *Estudio micológico en el área de plantas vasculares briofitas –BIGU- y la Unidad de Biodiversidad, tecnología y aprovechamiento de hongos del Departamento de Microbiología (BioTAH-) en el área de la MICOTECA, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia* [Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_4153.pdf
- Medina, Y. D., & Quispe, F. S. (2022). *Material particulado PM10 y el tráfico vehicular en la salida Lampa (tramo Jr. Kantú - Jr. América) de la ciudad de Juliaca, 2022* [Universidad César Vallejo]. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MINAM. (2019). *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del Aire*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/434320/PROTOCOLO_MONITOREO_AIRE_compressed.pdf

- Mohebbichamkhorami, M., Arbabi, M., Mirzaei, M., Ahmadi, A., Hassanvand, M. S., & Rouhi, H. (2020). Ambient air particulate matter (PM10) satellite monitoring and respiratory health effects assessment. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(2), 1247–1258. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00542-4>
- Mollinedo, M. A., & Gonzáles, C. (2014). Bacterias gram negativas. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 49, 113–134. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S2304-37682014001000005&script=sci_arttext&tlng=es
- Morales, N. Y. (2018). *Diferenciando bacterias gram positivo (+) y gram negativo (-) mediante tinción de gram*. Unidad de Apoyo Para El Aprendizaje. <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/35e41b8a-429d-4a41-a6e9-2e2c6a4e58b7/contenido/index.html>
- Moscoso-Vanegas, D. L., Monroy-Morocho, L. M., Narváez-Vera, M. A., Espinoza-Molina, C., & Astudillo-Alemán, A. L. (2019). Efecto fitotóxico del material particulado PM10 recolectado en el área urbana de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *ITECKNE*, 16(1), 12–20. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2157>
- Municipalidad Distrital de San Miguel. (2021). *Plan de desarrollo local concertado-San Miguel* (p. 182). <https://www.gob.pe/institucion/munisanmiguel-sanroman/informes-publicaciones/2098239-plan-de-desarrollo-local-concertado>
- Muñoz, W. M., & Soberóm, K. Y. (2021). *Determinación microbiológica de la calidad del aire en la vía de evitamiento en Cajamarca de enero-febrero del año 2020* [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28628>
- OEFA. (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978
- Ojeda, M. (2014). *Bacterias Gram positivas y Gram negativas*. Microbioenergética. <https://microbioenergetica.squarespace.com/bacteriologa/2014/7/21/bacterias-gram-positivas>
- Olivera, L. (2020). *Calidad microbiológica del aire en seis áreas de la microestación biológica-*

Zoocriadero de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María - Perú
[Universidad Agraria de la Selva].
<http://iaes.edu.pe/iaespro/ojs/index.php/bmsa/article/view/298>

OMS. (2022). *Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS*. Organización Mundial de La Salud. <https://www.who.int/es/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>

Palulun, P., Rasita, Y. D., Massi, M. N., Sjahril, R., Katu, S., & Pattelongi, I. (2024). Identification of Airborne Aerobic Bacteria in the Intensive Care Room using MALDI-TOF MS. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN*, 16(1), 68–75. <https://doi.org/10.20473/jkl.v16i1.2024.68-75>

Pérez, J. E. (2017). La calidad del aire en Colombia: un problema de salud pública, un problema de todos. *Revista Biosalud*, 16(2), 5–6. <https://doi.org/10.17151/biosa.2017.16.2.1>

Pérez, J., & Merino, M. (2014). *Definición del aire*. Definición.De. <https://definicion.de/aire/>

Prabhakaran, J., Jayabal, S., Ramesh Kumar, A., & Vinoth, V. (2022). Air quality assessment in indoor and outdoor environments: A review. *Materials Today: Proceedings*, 66(8), 1260–1266. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.124>

Quispe, Kevin F. (2023). *Evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado menor a 10 micras, metales y metaloides en las zonas de alto tránsito vehicular - Juliaca, 2021* [Universidad Nacional de Juliaca]. <http://repositorio.unaj.pe:8080/xmlui/handle/UNAJ/255>

Ramos, R., & Meza, V. (2017). Efectos de Algunos factores meteorológicos sobre la concentración de esporas de hongos en la plaza San Martín de Lima. *Ecología Aplicada*, 16(2), 143–149. <https://www.redalyc.org/journal/341/34153892009/html/>

Robles, E. G., Medina, A. M., & Medina, C. S. (2019). La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016). *Industrial Data*, 22(1), 173–186. <https://doi.org/10.15381/idata.v22i1.16533>

Rodríguez-Camargo, L. A., Sierra-Parada, R. J., & Blanco-Becerra, L. C. (2020). Análisis

- espacial de las concentraciones de PM_{2,5} en Bogotá según los valores de las guías de la calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud para enfermedades cardiopulmonares, 2014-2015. *Biomédica*, 40(1), 137–152. <https://doi.org/10.7705/biomedica.4719>
- Rodríguez-Cotto, R. I. (2015). Contaminación por material particulado, estrés oxidativo e inflamación. *Perspectivas En Asuntos Ambientales*, 4, 58–65. https://documento.uagm.edu/cupey/perspectivas/p_contaminacion_por_materila_particulado_estres_oxidativo_inflamacion.pdf
- Rosete, D. P., Archundia, F. J., Cabello, C., & Manjarrez, M. E. (2002). Patogenia de las infecciones respiratorias por virus. *Revista Del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 15(4), 239–254. https://www.researchgate.net/profile/Dora-Rosete/publication/342246961_Patogenia_de_las_infecciones_respiratorias_por_virus/links/5eea5d0f299bf1faac5e7b92/Patogenia-de-las-infecciones-respiratorias-por-virus.pdf
- Salcido, A., Celada Murillo, A. T., Tamayo Flores, G. A., Hernández Flores, N., Carreón Sierra, S., Martínez Flores, M. A., & Colín Aguilar, A. L. (2019). Calidad del aire y monitoreo atmosférico. *Revista Digital Universitaria*, 20(3). <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n3.a3>
- Salunkhe, A. R., Dudhwadkar, S., Raju, N. P., & Tandon, S. (2024). Public health risk assessment and speciation of air-borne microorganisms in an office building. *Journal of Aerosol Science*, 179(March), 106362. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2024.106362>
- Sanches, J., & Caraballo, L. (2015). Repercusión de la contaminación del aire en la aparición de asma. *Revista Alergia de Mexico*, 62(4), 287–301. <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=8303f3b6-bd1a-4851-8956-7f4ffab21493%40redis&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLHNzbyZsYW5nPWVzJnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#db=asn&AN=110927163>
- Sandoval, J. J. (2023). *Determinación de la calidad microbiológica del aire en la zona urbana de Aguaytía, región Ucayali* [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5f59bb60-2614-449b-a0dc-16cfb2ac83a5/content>

- Santos, F. S. dos, Pinto, J. A., Maciel, F. M., Horta, F. S., Albuquerque, T. T. de A., & Andrade, M. de F. (2019). Avaliação da influência das condições meteorológicas na concentração de material particulado fino (MP2,5) em Belo Horizonte, MG. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(2), 371–381. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019174045>
- Sbarato, D. (2019). *Contaminación del aire* (Editorial). Encuentro Grupo Editor. <https://elibro.net/es/ereader/bibliounaj/76572?page=51>.
- Sempertegui Silva, J. A., Cubas Vicente, B. C., Díaz Ruiz, A., & Arteaga Miñano, H. L. (2024). Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado de láminas de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad de la harina. *Revista Científica Pakamuros*, 12(1), 39–51. <https://doi.org/10.37787/0grw3s87>
- SENAMHI. (2018). *Un buen clima: glosario de términos meteorológicos*. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/255>
- Shaddick, G., Thomas, M. L., Mudu, P., Ruggeri, G., & Gumy, S. (2020). Half the world's population are exposed to increasing air pollution. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 3(1), 23. <https://doi.org/10.1038/s41612-020-0124-2>
- Siebielec, S., Woźniak, M., Gałazka, A., & Siebielec, G. (2020). Microorganisms as indoor and outdoor air biological pollution. *Postępy Mikrobiologii - Advancements of Microbiology*, 59(2), 115–127. <https://doi.org/10.21307/PM-2020.59.2.009>
- Song, L., Zhou, J., Wang, C., Meng, G., Li, Y., Jarin, M., Wu, Z., & Xie, X. (2022). Airborne pathogenic microorganisms and air cleaning technology development: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 424(PB), 127429. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127429>
- Staszowska, A. (2022). Microbiological quality of indoor and outdoor air in a municipal wastewater treatment plant-a case study. *Journal of Ecological Engineering*, 23(2), 185–190. <https://doi.org/10.12911/22998993/145202>
- Sweeney, A. (2019, February 22). *Filtros de aire para sistemas de climatización, ¿cómo escoger el adecuado?* Higieneambiental.Com. <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/filtros-de-aire-para-sistemas-de-climatizacion-como-escoger-el-adecuado>
- Torres, J. (2022). *Evaluación de las concentraciones de material particulado en el Centro*

- Comercial N°2, Avenida Tacna y Ovalo de la Salida Cusco – Distrito de Juliaca – 2021*
[Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez].
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/8102>
- Valenzuela, M. T. (2011). *Muestreo microbiológico de aire*.
[http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento_tecnico/2011/01/Muestreo Microbiológico de Aire.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento_tecnico/2011/01/Muestreo_Microbiológico_de_Aire.pdf)
- Villar, M. Y. (2018). *Las factores ambientales y la concentración de bioaerosoles en el Laboratorio de Biotecnología – UCV, SJL – 2018* [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20586>
- Vivanco, E. J. (2019). *Evaluación de la concentración de PM10 y plomo en el aire ambiental, en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales en el Callao*. [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4027>
- Vivas, H. T., Calderón, J. M., Delgado, M. I., & Abril, R. V. (2021). Caracterización microbiológica del aire en el casco urbano de Calceta, Manabí, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 42(3), 29–38.
<https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/548/460>
- Wang, R., Mo, Z., Yang, L., Chang, M., & Hang, J. (2024). Long-term trend of surface wind speed in the Guangdong-Hong Kong-Macau Greater Bay Area during 1980–2020: Spatiotemporal variation and urbanization effect. *Urban Climate*, 56(2), 101999.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101999>
- Zaravia, M. I. (2014). *Trabajo monográfico control de la microbiología del aire, métodos de purificación y microbiología del hielo* [Universidad Nacional de San Agustín].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4102/IAzapemi028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zhai, S., Jacob, D. J., Wang, X., Shen, L., Li, K., Zhang, Y., Gui, K., Zhao, T., & Liao, H. (2019). Fine particulate matter (PM2.5) trends in China, 2013–2018: separating contributions from anthropogenic emissions and meteorology. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(16), 11031–11041. <https://doi.org/10.5194/acp-19-11031-2019>

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de concentración de medios de cultivo para su difusión

Capacidad de las placas petri: 18 mL

Cantidad de placas petri: 12

Cantidad de gramos de agar: Según indicaciones de la ficha técnica

Cantidad de agua destilada disolver: 1000 ml

Agar Sabouraud

$$18 \text{ mL} * 6 = 108 \text{ mL}$$

$$65\text{g} \rightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$X\text{g} \rightarrow 108 \text{ mL}$$

$$X \rightarrow 7.02 \text{ g}$$

Agar Brain Heart Infusion (BHI)

$$18 \text{ mL} * 6 = 108 \text{ mL}$$

$$52\text{g} \rightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$X\text{g} \rightarrow 108 \text{ mL}$$

$$X \rightarrow 5.62 \text{ g}$$

Anexo 2. Cálculo de concentración de PM_{2.5} y PM₁₀

Tabla 22

Cálculo de concentración de PM₁₀

Puntos de muestreo	W _f (g)	W _i (g)	(W _f -W _i) *10 ⁶ (µg)	(L/min)	Q _a (m ³ /min)	T min (24 h)	V _a (m ³)	[MP10] µg/m ³
PM 01	3.410	3.195	215000.000	1002.286	1.002	1440	1443.292	148.965
PM 02	3.328	3.145	183000.000	1000.616	1.001	1440	1440.887	127.005
PM 03	3.326	3.197	129000.000	1003.981	1.004	1440	1445.733	89.228
PM 04	3.322	3.196	126000.000	993.988	0.994	1440	1431.342	88.029
PM 05	3.373	3.195	178000.000	996.201	0.996	1440	1434.529	124.083
PM 06	3.352	3.189	163000.000	1010.352	1.010	1440	1454.907	112.035

Tabla 23

Cálculo de concentración de PM_{2.5}

Puntos de muestreo	W _f (g)	W _i (g)	(W _f -W _i) *10 ⁶ (µg)	Q _{hivol} (L/min)	Q _a (m ³ /min)	T min (24 h)	V _a (m ³)	[MP10] µg/m ³
PM-01	3.313	3.195	118000.000	976.097	0.976	1440	1405.580	83.951
PM-02	3.297	3.197	100000.000	977.520	0.978	1440	1407.629	71.041
PM-03	3.261	3.199	62000.000	986.834	0.987	1440	1421.041	43.630
PM-04	3.259	3.196	63000.000	968.099	0.968	1440	1394.062	45.192
PM-05	3.288	3.199	89000.000	969.645	0.970	1440	1396.289	63.740
PM-06	3.279	3.195	84000.000	977.623	0.978	1440	1407.777	59.669

Anexo 3. Cálculo de concentración UFC/m³

Tabla 24

Cálculo de cantidad UFC/m³ (Bacterias)

Punto de muestreo	a	factor	factor (10⁴)	π	r (cm)	r² (cm²)	t (min)	(UFC/m³)
PM-01	6	5	10000	3.142	9	81	20	58.946
PM-02	4	5	10000	3.142	9	81	20	39.297
PM-03	2	5	10000	3.142	9	81	20	19.649
PM-04	5	5	10000	3.142	9	81	20	49.122
PM-05	14	5	10000	3.142	9	81	20	137.541
PM06	7	5	10000	3.142	9	81	20	68.770

Tabla 25

Cálculo de cantidad UFC/m³ (Hongos)

Punto de muestreo	a	factor	factor (10⁴)	π	r (cm)	r² (cm²)	t (min)	(UFC/m³)
PM-01	13	5	10000	3.142	9	81	20	127.717
PM-02	11	5	10000	3.142	9	81	20	108.068
PM-03	5	5	10000	3.142	9	81	20	49.122
PM-04	7	5	10000	3.142	9	81	20	68.770
PM-05	16	5	10000	3.142	9	81	20	157.190
PM-06	6	5	10000	3.142	9	81	20	58.946

Anexo 4. Datos meteorológicos tomados en el campo

Tabla 26

Datos tomados en el punto de muestreo N° 01

Time	Temp Avg	Hum Avg	Windspeed
22/09/2023 09:00	19.6	32	5.2
23/09/2023 10:00	19.8	26	7.5
24/09/2023 11:00	20.6	22	8.2
25/09/2023 12:00	21.7	22	8.9
26/09/2023 13:00	21.9	24	10
27/09/2023 14:00	19.8	26	4.75
28/09/2023 15:00	19.9	30	10.4
29/09/2023 16:00	20.8	35	8.8
30/09/2023 17:00	15	43	3.6
01/10/2023 18:00	11	47	2.6
02/10/2023 19:00	10	51	0.7
03/10/2023 20:00	9	52	0.8
04/10/2023 21:00	8.9	49	0.5
05/10/2023 22:00	8	34	0.4
06/10/2023 23:00	7.6	52	0.1
08/10/2023 00:00	7.1	59	0.2
24/09/2023 01:00	6.2	67	0.1
24/09/2023 02:00	6.1	69	0
24/09/2023 03:00	6	68	0.2
24/09/2023 04:00	5	71	0.5
24/09/2023 05:00	5	74	0.2
24/09/2023 06:00	6.6	73	0.1
24/09/2023 07:00	8.7	76	0.1
24/09/2023 08:00	12.5	63	0.1
Promedio	12.37	48.54	3.08

Tabla 27*Datos tomados en el punto de muestreo N° 02*

Time	Temp Avg	Hum Avg	Windspeed
18/09/2023 08:00	16	29	3.2
18/09/2023 09:00	14.1	40	2.1
18/09/2023 10:00	13.2	46	3.8
18/09/2023 11:00	10.1	65	1.4
18/09/2023 12:00	9.7	61	3
18/09/2023 13:00	10	59	2.3
18/09/2023 14:00	10.8	53	2.3
18/09/2023 15:00	15.5	38	2.6
18/09/2023 16:00	18.4	25	2.2
18/09/2023 17:00	19	23	3.2
18/09/2023 18:00	19.8	24	2.4
18/09/2023 19:00	21.4	21	2.1
18/09/2023 20:00	21.2	22	2.6
18/09/2023 21:00	18	31	3.7
18/09/2023 22:00	16.5	33	3.5
18/09/2023 23:00	15.1	36	2.3
19/09/2023 00:00	10.2	58	3.8
19/09/2023 01:00	10	62	3
19/09/2023 02:00	9.3	62	3.5
19/09/2023 03:00	9.2	61	4
19/09/2023 04:00	8.9	62	2.8
19/09/2023 05:00	8.1	66	4
19/09/2023 06:00	8	66	2.5
19/09/2023 07:00	8.3	63	3.5
Promedio	13.37	46.08	2.91

Tabla 28*Datos tomados en el punto de muestreo N° 03*

Time	Temp Avg	Hum Avg	Windspeed
19/09/2023 08:00	8.3	63	0
19/09/2023 09:00	10.8	53	0.1
19/09/2023 10:00	15.5	38	0.6
19/09/2023 11:00	18.4	25	0.4
19/09/2023 12:00	19	23	1.3
19/09/2023 13:00	19.8	24	2.9
19/09/2023 14:00	21.4	21	2.1
19/09/2023 15:00	21.2	22	1.6
19/09/2023 16:00	18	31	3
19/09/2023 17:00	16.5	33	2.5
19/09/2023 18:00	15.1	36	1.5
19/09/2023 19:00	13.6	42	0.7
19/09/2023 20:00	13	48	2.1
19/09/2023 21:00	12.1	38	2.2
19/09/2023 22:00	11.1	32	1.5
19/09/2023 23:00	9.6	27	0.1
20/09/2023 00:00	8.3	27	0
20/09/2023 01:00	8.2	26	0.3
20/09/2023 02:00	8.3	25	0.2
20/09/2023 03:00	8.3	24	0.1
20/09/2023 04:00	7.4	37	0
20/09/2023 05:00	7.2	49	0
20/09/2023 06:00	7.3	37	0.7
20/09/2023 07:00	7.3	29	0.6
Promedio	12.74	33.75	1.02

Tabla 29*Datos tomados en el punto de muestreo N° 04*

Time	Temp Avg	Hum Avg	Windspeed
20/09/2023 08:30	12.4	24	0.3
20/09/2023 09:30	12.9	20	0.3
20/09/2023 10:30	16.4	24	2.1
20/09/2023 11:30	18.6	29	3.1
20/09/2023 12:30	19.5	24	2.3
20/09/2023 13:30	20.1	24	2.9
20/09/2023 14:30	22.8	22	2.3
20/09/2023 15:30	21.6	24	8
20/09/2023 16:30	21.6	34	3.3
20/09/2023 17:30	17.3	38	4.2
20/09/2023 18:30	10.6	45	3.1
20/09/2023 19:30	9	45	0.6
20/09/2023 20:30	9.5	49	0.7
20/09/2023 21:30	8.2	51	0
20/09/2023 22:30	8.4	55	0
20/09/2023 23:30	8.1	58	0.2
21/09/2023 00:30	7.6	59	0.8
21/09/2023 01:30	7.5	64	0.6
21/09/2023 02:30	5.1	75	0.3
21/09/2023 03:30	5.3	71	0.2
21/09/2023 04:30	5.7	74	0.5
21/09/2023 05:30	5.1	69	0.5
21/09/2023 06:30	6.8	51	0.1
Promedio	12.18	44.74	1.58

Tabla 30*Datos tomados en el punto de muestreo N° 05*

Time	Temp Avg	Hum Avg	Windspeed
21/09/2023 08:00	13.9	39	1.5
21/09/2023 09:00	15.6	37	1.4
21/09/2023 10:00	21.8	28	1.9
21/09/2023 11:00	23.2	22	2.5
21/09/2023 12:00	25.6	17	3.6
21/09/2023 13:00	24.3	17	5.3
21/09/2023 14:00	22.8	23	3.8
21/09/2023 15:00	23.5	29	5.5
21/09/2023 16:00	18.9	35	6
21/09/2023 17:00	16.8	40	5.6
21/09/2023 18:00	13.6	40	3.8
21/09/2023 19:00	12.4	44	2.7
21/09/2023 20:00	11.6	46	1.3
21/09/2023 21:00	10.8	47	0.6
21/09/2023 22:00	10.2	49	0.6
21/09/2023 23:00	7.5	52	1.8
22/09/2023 00:00	7.3	58	2
22/09/2023 01:00	7.9	64	2.5
22/09/2023 02:00	7.3	71	2
22/09/2023 03:00	6	71	2
22/09/2023 04:00	5.4	74	1.6
22/09/2023 05:00	6.9	61	1.3
22/09/2023 06:00	8.3	46	1.3
22/09/2023 07:00	9.3	38	1.2
Promedio	13.79	43.67	2.58

Tabla 31*Datos tomados en el punto de muestreo N° 06*

Time	Temp Avg	Hum Avg	Windspeed
22/09/2023 09:00	18.8	35	1.3
22/09/2023 10:00	21.9	30	3.8
22/09/2023 11:00	22.7	24	5
22/09/2023 12:00	22.8	19	5.6
22/09/2023 13:00	23.5	17	3.1
22/09/2023 14:00	24.9	17	6.3
22/09/2023 15:00	23.8	19	6.8
22/09/2023 16:00	20.3	24	7.7
22/09/2023 17:00	17.3	32	5.5
22/09/2023 18:00	14.7	38	4.7
22/09/2023 19:00	13.1	36	2.3
22/09/2023 20:00	12.1	40	2
22/09/2023 21:00	11.6	43	1.6
22/09/2023 22:00	10.5	50	1
22/09/2023 23:00	9.5	51	0
23/09/2023 00:00	7.7	53	0
23/09/2023 01:00	6.7	63	0
23/09/2023 02:00	6.6	66	0
23/09/2023 03:00	5.8	61	0
23/09/2023 04:00	4.8	65	0
23/09/2023 05:00	4.6	67	0
23/09/2023 06:00	5.4	57	0
23/09/2023 07:00	8.1	44	0
23/09/2023 08:00	11.4	39	0.3
Promedio	13.69	41.25	2.38

Anexo 5. Operacionalización de variables

Tabla 32

Operacionalización de variables

Nombre De La Variable	Variabes	Indicadores	Unidad/Categoría
Variables dependientes	Concentración de material particulado.	Alto tránsito vehicular y actividad antropogénica - ug/m ³ , de material particulado.	µg/m ³
	Concentración de microorganismos	Fuentes y focos de propagación de microorganismos - Unidades formadoras de colonia.	UFC/m ³
Variables independientes	Parámetros meteorológicos	Temperatura del aire	°C
		humedad relativa	%
		velocidad del viento	m/s
		tiempo	min

Anexo 6. Matriz de consistencia

Tabla 33 *Matriz de consistencia*

Problemática	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología	
Problema Principal	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Dependientes			
¿Cuál será la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel - 2022?	Caracterizar la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel - 2023	Debido a que el distrito de San Miguel tiene un alto índice de movilidad automovilística en sus principales avenidas, es probable que al caracterizar la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado de este distrito sobrepase la normativa ambiental Peruana.	Concentración de material particulado.	Alto tránsito vehicular y actividad antropogénica - ug/m ³ , de material particulado.	i.	Monitoreo de material particulado de PM _{2.5} Y PM ₁₀ .
			Concentración de microorganismos .	Fuentes y focos de propagación de microorganismos - Unidades formadoras de colonia.	ii.	Determinación de concentración de material particulado PM _{2.5} Y PM ₁₀ .
					iii.	Preparación de medios de cultivo.
					iv.	Recuento de microorganismo.
					v.	Caracterización de bacterias y hongos.
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variables Independientes			
¿Cuáles serán las concentraciones de PM _{2.5} , PM ₁₀ y microbiológicos del distrito de San Miguel-2023?	Determinar las concentraciones de PM _{2.5} , PM ₁₀ y microbiológicos del distrito de San Miguel – 2023.	Dado la contaminación del aire por material particulado y microorganismos, es probable que se tengan concentraciones que sobrepasen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).	Parámetros meteorológicos.	Temperatura del aire	i.	Instalación de estación meteorológica portátil.
				humedad relativa		
¿Qué tipo de microorganismos estarán presentes en el aire del distrito de San Miguel-2023?	Identificar los microorganismos presentes en el aire del distrito de San Miguel – 2023.	Se identificará más de 2 especies de microorganismos presentes en el aire del distrito de San Miguel.		velocidad del viento	ii.	Descarga de datos
				Tiempo	iii.	Análisis de datos

Anexo 7. Informe de calibración de equipos de Hivol PM_{2.5} y PM₁₀



INFORME TÉCNICO: RPTECHLAB 077-23

Lima, 19 de junio de 2023

Señores:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA (RUC: 20448261272)
Carretera Juliaca - Caminaca - Km 8

Atención: Sr. Joel Zapata Estrada
biozjoel@gmail.com

Asunto: Mantenimiento Preventivo de equipos Muestreadores de partículas de alto volumen Hi Vol 3000 PM₁₀ Y PM_{2.5}

Estimados señores:

Sirva la presente para saludarles muy cordialmente y hacerles llegar el informe técnico del servicio realizado en los equipos muestreadores de partículas Hivol 3000 de PM_{2.5} N/S: 19-1535 Y PM₁₀ N/S: 19-1536, realizado el jueves 8 de junio y 9 de junio del 2023,

Trabajo realizado:

Muestreador de Partículas HiVol 3000

1. Se realizó trabajos de mantenimiento para 2 muestreadores de partículas: Hivol 3000 PM_{2.5} S/N: 19-1535, cabezal S/N: 19-2044 y Hivol 3000 PM₁₀ S/N: 19-1536, cabezal S/N: 19-2043.



Fig 1. Muestreador de Partículas Hi Vol

2. Se realizaron la limpieza interna y externa de los muestreadores de partículas, además de verificar su correcto funcionamiento.
3. Se verificó el estado del equipo, revisando la bomba, tarjeta electrónica, sensores y el cabezal
4. Se realizó la calibración de flujo con nuestro kit de calibración a 3 caudales 60, 70 y 80 m³/hora como puntos de calibración, obteniendo un diferencial de presión en el manómetro de 80, 108.74 y 142.03 respectivamente en condiciones ambientales (Temperatura : 15.8°C y Presión ambiental : 487 mmHg)

Av. Paseo de la República 2406 – Lima 14
www.rptechlab.com
info@rptechlab.com





Fig 2. Calibración de Flujo del muestreador de Partículas HiVol

5. Se realizó la calibración de Presión y temperatura de los equipos, correspondientes a la zona de trabajo de los equipos.
6. Los dos equipos HiVol 3000 funcionan correctamente.

Conclusión:

- *El equipo se encontraba en un rango de error $\pm 5\%$ de flujo aceptable, de igual forma se realizó la calibración para ajustar algunos parámetros.*
- *Los muestreadores de partículas HiVol 3000, se encuentran operativos conforme a especificaciones del fabricante.*

Sin otro particular, quedamos de ustedes,

Atentamente,

Omar A. Gonzales Muñoz
Dpto. de Soporte Técnico
REPRESENTACIONES TECHLAB

Anexo 8. Constancia de uso de laboratorios genéres.



Universidad
LICENCIADA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
CREADA POR LEY N° 29074
COMISIÓN ORGANIZADORA
DIRECCIÓN DE DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
CIENCIAS BÁSICAS

CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIOS GENERALES DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS BÁSICAS

El director del Departamento Académico de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Juliaca, en base al informe N° 056 – 2023 – UNAJ/VPAC-LGyG-R-JPZC otorga la presente constancia del uso de Laboratorio de Biología al tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal:

FREDY MULLISACA APAZA

En el periodo del 15 de setiembre al 02 de octubre de 2023, para realizar actividades vinculadas a su proyecto de investigación “*Caracterización de la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel - 2023*”

Se expide el presente documento a petición del interesado, para fines que estime por conveniente.

Juliaca, 27 de noviembre del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

Mg. Néstor Bolívar Espinoza
DIRECTOR
DPTO. ACADÉMICO DE CIENCIAS BÁSICAS

Anexo 9. Fotografías de monitoreos de PM_{2.5}, PM₁₀ y microorganismos en el distrito de San Miguel



Figura 23. Instalación de equipos de monitoreo de PM_{2.5} y PM₁₀ y estación meteorológica.



Figura 24. Filtro de cuarzo para PM_{2.5} y PM₁₀.

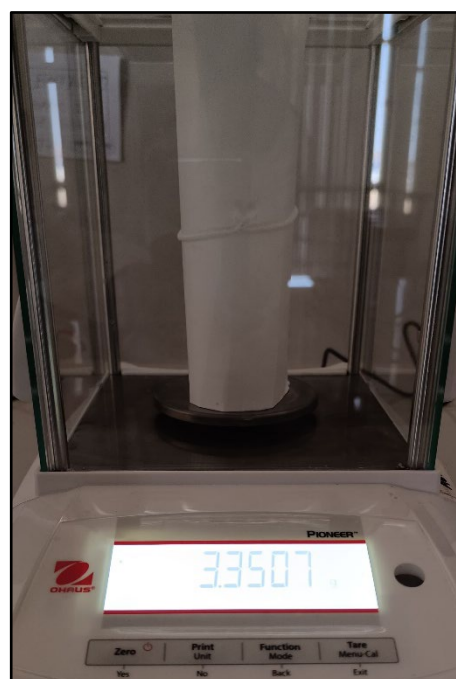


Figura 25. Toma de peso inicial del filtro.



Figura 26. Colocación de filtro al portafiltro del muestreador.



Figura 27. Configuración del muestreador Hivol 3000.



Figura 28. Descarga de datos del monitor del Hivol.



Figura 29. Toma de peso final del filtro.



Figura 30. Visualización del filtro después de 24 horas.



Figura 31. Colocación de nuevo filtro para el siguiente punto de monitoreo.



Figura 32. Inicio de monitoreo en siguiente punto de monitoreo.

PM-06 PM2.5 wi=3.145g wj=3.219g	PM-06 PM10 wi=3.189g wj=3.352g
PM-05 PM2.5 wi=3.199g wj=3.288g	PM-05 PM10 wi=3.195g wj=3.373g
PM-04 PM2.5 wi=3.196g wj=3.259g	PM-04 PM10 wi=3.196g wj=3.322g
PM-03 PM2.5 wi=3.199g wj=3.261g	PM-03 PM10 wi=3.197g wj=3.326g
PM-02 PM2.5 wi=3.197g wj=3.293g	PM-02 PM10 wi=3.145g wj=3.328g
PM-01 PM2.5 wi=3.195g wj=3.313g	PM-01 PM10 wi=3.195g wj=3.410g

Figura 33. Datos de filtros de cuarzo para su procesamiento.



Figura 34. Lavado de placas petri.



Figura 35. Autoclavado de placa petri y matraz enlermeyer



Figura 36. Agar sabourand y BHI.



Figura 37. Pesado de agar sabourand y BHI.



Figura 38. Mezcla de agua destilada junto a agar Sabouraud y BHI.



Figura 39. Llenado de placas petri con medios de cultivo.



Figura 40. Medios de cultivo listos para muestreo microbiológico.



Figura 41. Conservación de medios de cultivo a 4°C.

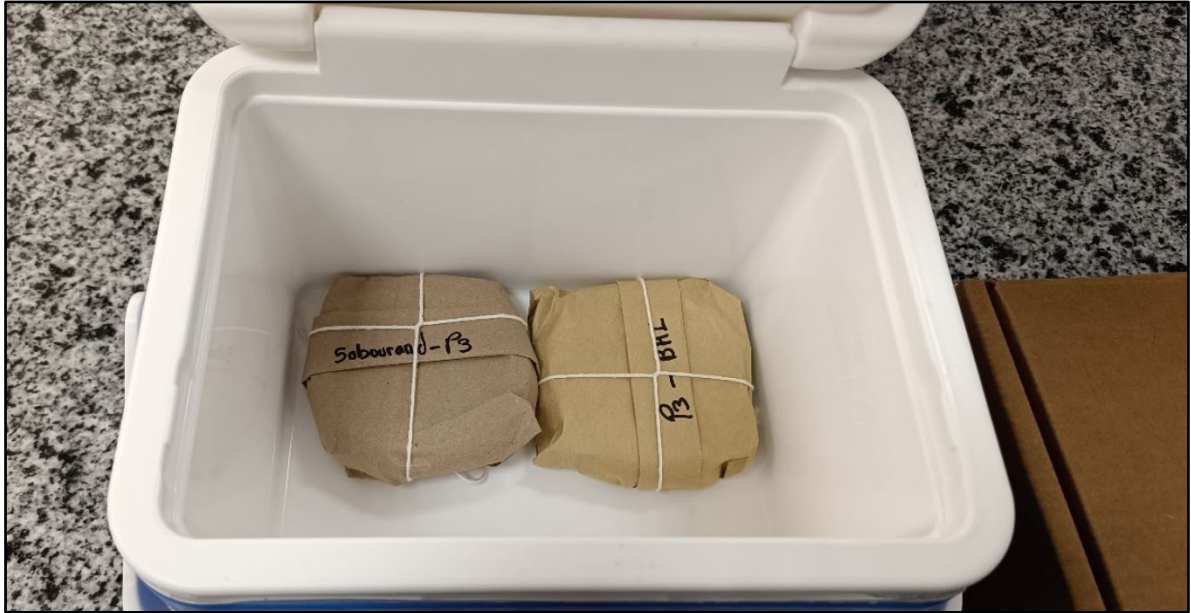


Figura 42. Muestras listas para llevar al campo para su muestreo de microorganismos.



Figura 43. Exposición de muestras microbiológicas al medio ambiente.



Figura 44. Toma de datos en el campo.



Figura 45. Toma de muestra microbiológica en el PM-01.



Figura 46. Toma de muestra microbiológica en el PM-02.



Figura 47. Toma de muestra microbiológica en el PM-03.



Figura 48. Toma de muestra microbiológica en el PM-04.



Figura 49. Toma de muestra microbiológica en el PM-05.



Figura 50. Toma de muestra microbiológica en el PM-06.



Figura 51. Incubación de muestras.

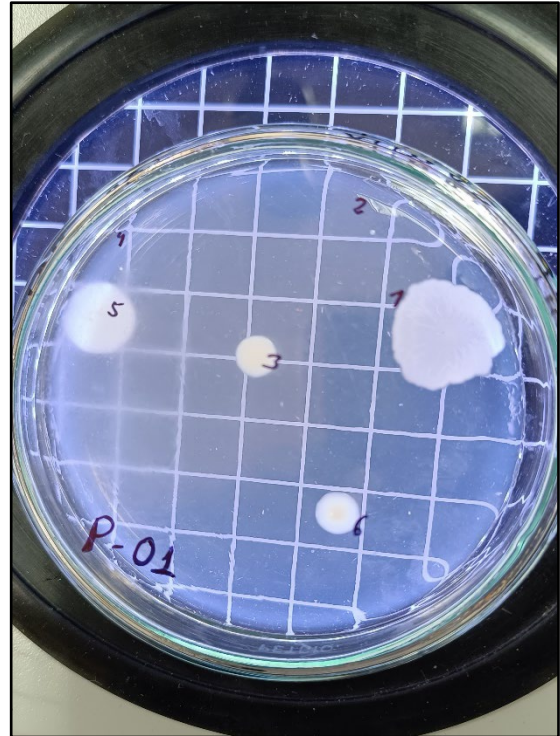


Figura 52. Muestras de agar BHI en cuenta colonias.

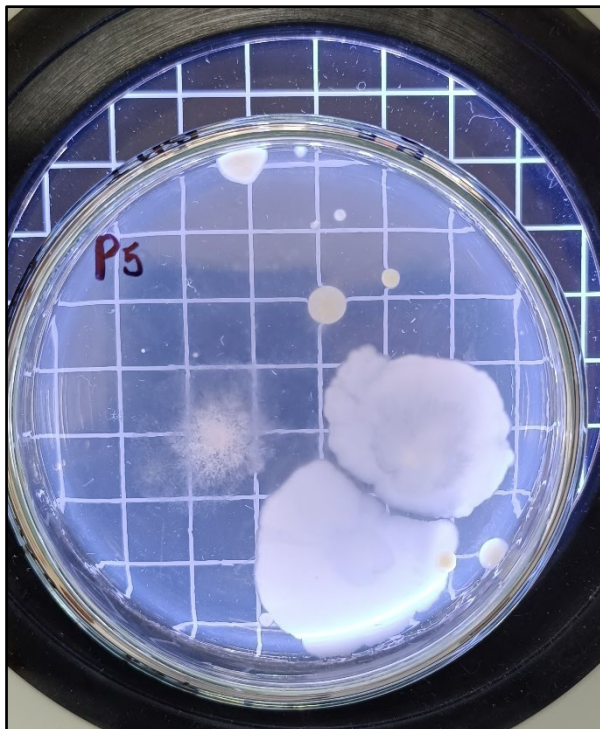


Figura 53. Unidades formadoras de colonia de bacterias en el agar BHI.



Figura 54. Esterilización de asa bacteriológica.



Figura 55. Reactivos de tinción gram.



Figura 57. Porta objetos con muestras microbiológicas para su observación en el microscopio.



Figura 56. Observación de bacterias a través de un microscopio electrónico

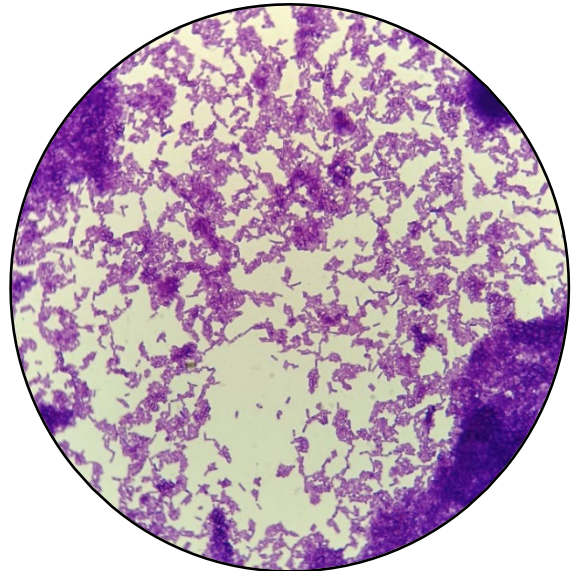
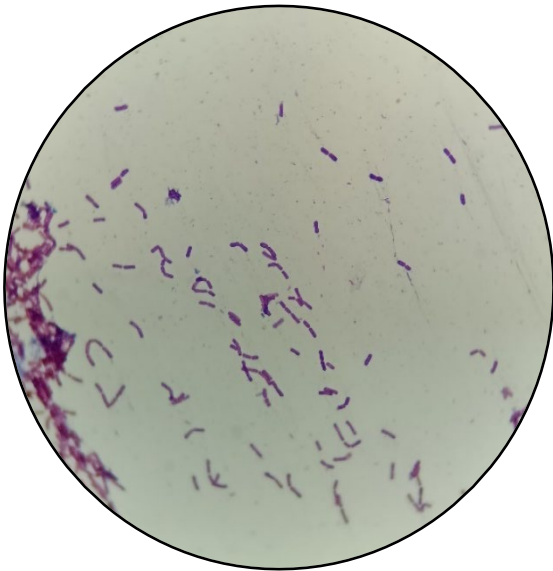


Figura 58. Bacterias gram negativas del género *bacillus* sp.

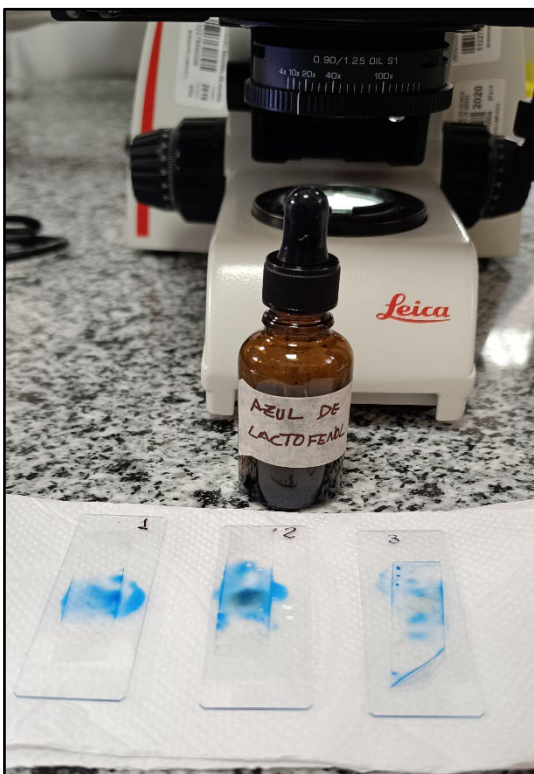


Figura 59. Tinción de azul de latofenol para hongos.

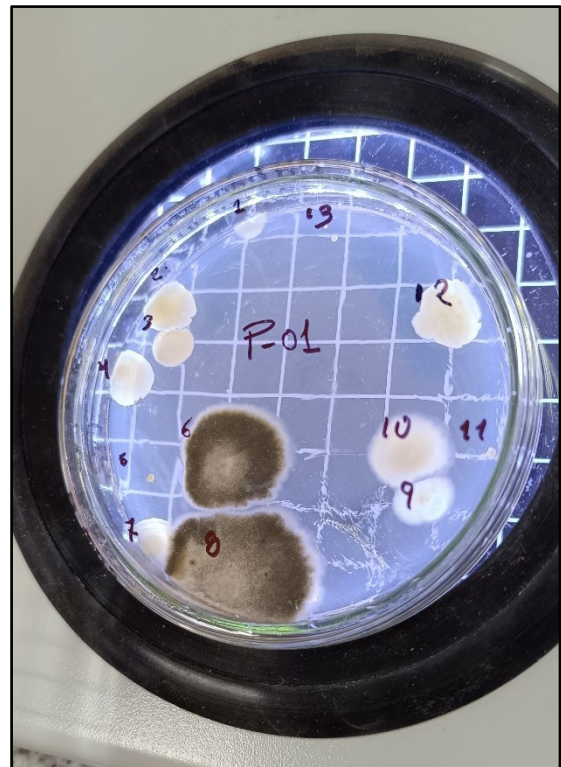


Figura 60. UFC/m³ de hongos en el agar sabouraud.

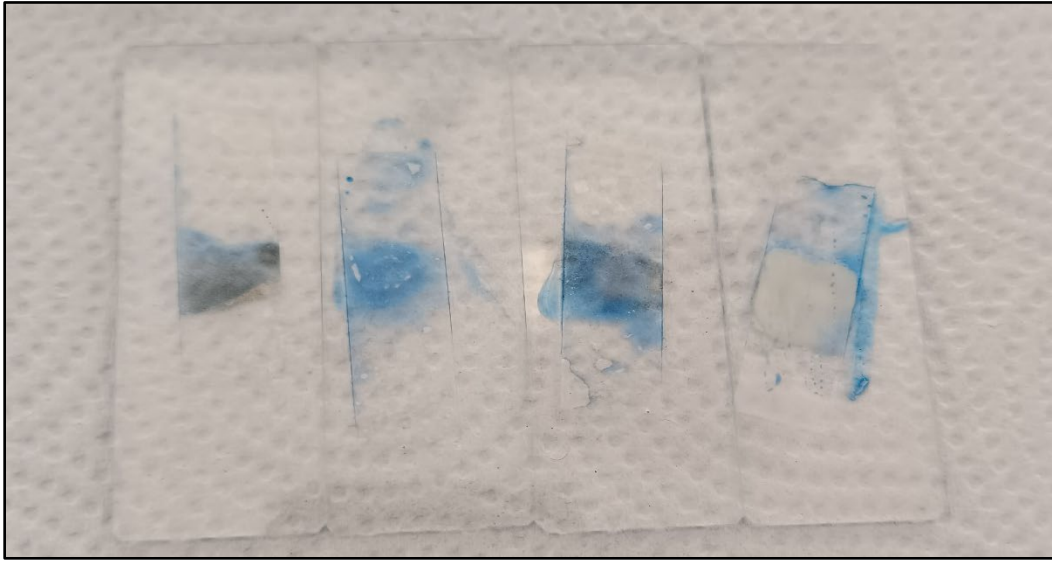


Figura 61. Portaobjetos con muestras de hongos para su observación en el microscopio electrónico.

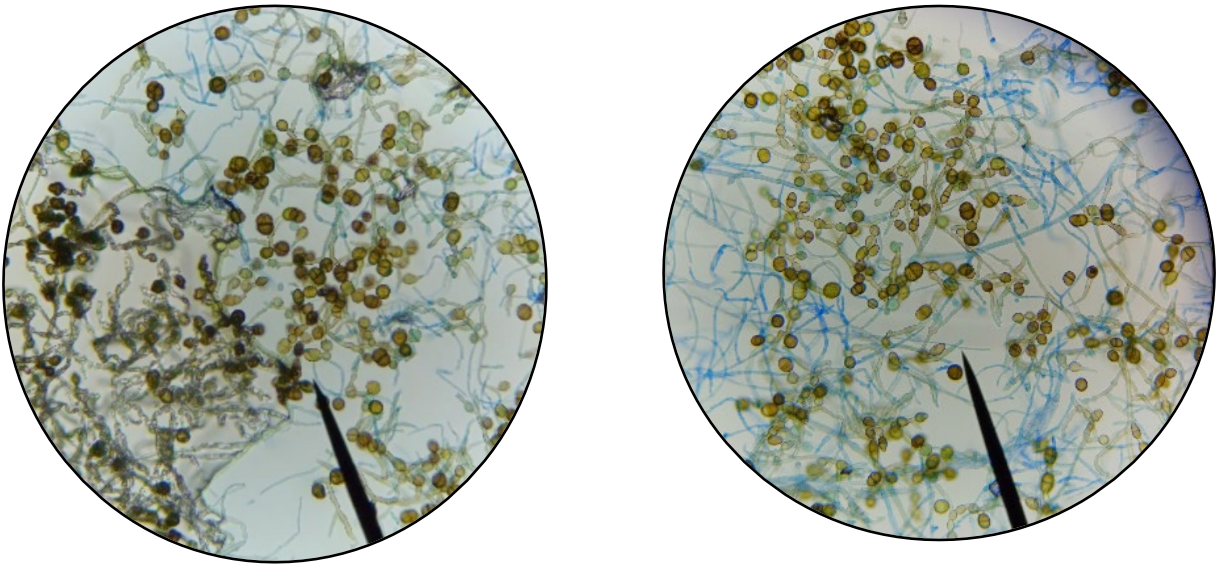


Figura 62. Observación de hongos en el microscopio electrónico.

UNW

UW