



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
FORESTAL**



**“CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA Y DE METALES  
TOTALES EN MATERIAL PARTICULADO IGUAL O MENOR  
A 2.5 MICRAS EN EL ÁREA URBANA DE JULIACA”**

**Bach. Marco Enrique Mamani Sucari**

**Bach. Jaquelin Esther Calsina Quispe**

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

**Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro**



**JULIACA - PERÚ**

**2022**

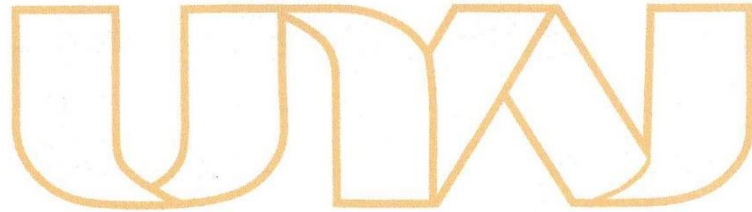








**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y**  
**FORESTAL**



**“CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA Y DE METALES  
TOTALES EN MATERIAL PARTICULADO IGUAL O MENOR  
A 2.5 MICRAS EN EL ÁREA URBANA DE JULIACA”**

**Bach. Marco Enrique Mamani Sucari**

**Bach. Jaquelin Esther Calsina Quispe**

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

**Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro**



**JULIACA - PERÚ**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
FORESTAL**



**“CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA Y DE METALES TOTALES  
EN MATERIAL PARTICULADO IGUAL O MENOR A 2.5 MICRAS EN  
EL ÁREA URBANA DE JULIACA”**

Bach. Marco Enrique Mamani Sucari

Bach. Jaquelin Esther Calsina Quispe

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro

Juliaca, 2022



Mamani, M. & Calsina J. (2022). *Contaminación microbiológica y de metales totales en material particulado igual o menor a 2.5 micras en el área urbana de Juliaca*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR (ES):** Marco Enrique Mamani Sucari

Jaquelin Esther Calsina Quispe

**TÍTULO:** Contaminación microbiológica y de metales totales en material particulado igual o menor a 2.5 micras en el área urbana de Juliaca.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2022

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (162 pp)

**NOTA:** Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal - Universidad Nacional de Juliaca

**CÓDIGO:** 01-000023-01/M21

**NOTA:** Incluye bibliografía.

**ASESOR:** Dr. Wile Mamani Navarro

**PALABRAS CLAVE:**

Contaminación atmosférica, calidad del aire, PM<sub>2.5</sub>, metales en el aire, microbiología del aire.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL

### “CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA Y DE METALES TOTALES EN MATERIAL PARTICULADO IGUAL O MENOR A 2.5 MICRAS EN EL ÁREA URBANA DE JULIACA”

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

Presentada por:

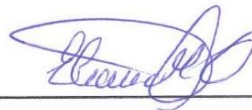
Bach. Marco Enrique Mamani Sucari

Bach. Jaquelin Esther Calsina Quispe

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

M. Sc. Eliana Mullisaca Contreras

**PRESIDENTE DE JURADO**



Dra. Cedidec Garcia Espinoza

**JURADO (Secretario)**



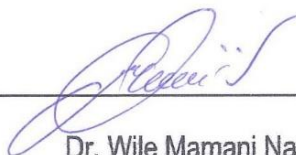
**2° MIEMBRO**

M. Sc. Siles Nilo Arce Sancho

**JURADO (Vocal)**



**3° MIEMBRO**



Dr. Wile Mamani Navarro  
**ASESOR DE TESIS**

## **Dedicatoria**

*Dedico esta tesis a mis padres Enrique y Hermelinda por su incomparable amor y esfuerzo, sin ellos poco o nada hubiera podido hacer; a mis hermanos por creer en este proyecto; a mi compañera de mil batallas, amiga de toda la vida, confidente y cómplice de nuestros retos, que siempre me apoyo en todo lo que nos propusimos.*

**Marco E. Mamani Sucari**

*Llena de profunda alegría dedico esta tesis a mis amados padres Juan y Virginia quienes son pilares por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, en su objetivo de verme realizada; a mis queridos hermanos por motivar en mí la superación permanente; a mi leal amigo y compañero por su invaluable apoyo y consejo para seguir avanzando.*

**Jaquelin E. Calsina Quispe**



## **Agradecimiento**

*Agradecemos a Dios nuestro creador por su amor, bondad e infinita misericordia al darnos la vida, al Dr. Wile Mamani Navarro y Lic. Eliana quienes nos guiaron en la realización de este trabajo. A los miembros del jurado por sus recomendaciones y sugerencias en aras de orientar la investigación idóneamente. Agradecemos también a la Universidad Nacional de Juliaca quién nos albergó en sus aulas para llenarnos del saber y sus docentes por formarnos, a quienes llevamos muy gratamente en la mente y el corazón.*

***Marco E. Mamani Sucari***

***Jaquelin E. Calsina Quispe***

## INDICE GENERAL

### RESUMEN

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1. Descripción del problema .....	3
1.2. Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos .....	4
1.3. Justificación de la investigación .....	5
1.3.1. Justificación teórica.....	5
1.3.2. Justificación práctica.....	5
CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
2.1. Antecedentes de la investigación .....	6
2.1.1. Internacionales.....	6
2.1.2. Nacionales .....	8
2.1.3. Locales.....	10
2.2. Marco teórico .....	11
2.2.1 Atmósfera .....	11
2.2.2. Contaminación del aire.....	12
2.2.3. Dispersión de contaminantes atmosféricos.....	13
2.2.4. Material particulado.....	14
2.2.5. Microbiología del aire .....	15
2.2.6. Medios de cultivo microbiológico.....	18
2.2.7. Metales pesados en PM <sub>2.5</sub> .....	19
2.2.8. Efectos del material particulado .....	21
2.2.9. Gestión de la calidad del aire.....	22
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Ámbito de estudio.....	25
3.2. Tipo de la investigación.....	26

3.3. Nivel de investigación .....	26
3.4. Diseño de investigación .....	26
3.5. Población y muestra.....	26
3.5.1. Población .....	26
3.5.2. Muestra y método de muestreo.....	26
3.6. Materiales y equipos .....	26
3.6.1. Equipos de monitoreo para PM <sub>2.5</sub> y análisis de metales.....	26
3.6.2. Equipos para el análisis microbiológico .....	27
3.6.3. Materiales para monitoreo de PM <sub>2.5</sub> , análisis microbiológico y de metales .....	27
3.6.4. Reactivos para el análisis microbiológico.....	27
3.7. Procedimiento metodológico .....	27
3.7.1. Puntos de monitoreo.....	27
3.7.2. Determinación de material particulado menor o igual 2.5 micras .....	29
3.7.3. Obtención de datos meteorológicos .....	31
3.7.4. Análisis microbiológico de las muestras de PM <sub>2.5</sub> .....	31
3.7.5. Concentración de metales totales de las muestras de PM <sub>2.5</sub> .....	36
3.8. Análisis de los datos .....	36
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>37</b>
4.1. Concentración de PM <sub>2.5</sub> y factores meteorológicos.....	37
4.1.1. Concentración de PM <sub>2.5</sub> .....	37
4.1.2. Meteorología.....	37
4.2. Determinación de la concentración de PM <sub>2.5</sub> .....	38
4.2.1. Análisis descriptivo de la concentración de PM <sub>2.5</sub> .....	38
4.2.2. Factores meteorológicos según el código de monitoreo.....	40
4.2.3. Estadísticos descriptivos.....	43
4.2.4. Correlación entre temperatura y concentración de PM <sub>2.5</sub> .....	44
4.2.5. Correlación entre humedad y concentración de PM <sub>2.5</sub> .....	46
4.3. Microorganismos en PM <sub>2.5</sub> .....	49
4.3.1. Microorganismos según estación de monitoreo .....	49



4.3.2. Microorganismos según medio de cultivo .....	51
4.3.3. Microorganismos en PM <sub>2.5</sub> según medio de cultivo, en la EM-1 .....	54
4.3.4. Microorganismos en PM <sub>2.5</sub> según medio de cultivo, en la EM-2 .....	55
4.3.5. Microorganismos en PM <sub>2.5</sub> según medio de cultivo, en EM-3.....	56
4.3.6. Hongos en PM <sub>2.5</sub> según factores meteorológicos. ....	58
4.4. Metales en PM <sub>2.5</sub> .....	59
4.4.1. Determinación de metales totales en PM <sub>2.5</sub> .....	59
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	62
5.1. Conclusiones.....	62
5.2. Recomendaciones .....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
ANEXOS.....	94

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo en la ciudad de Juliaca. ....	25
Figura 2. Concentración de PM <sub>2.5</sub> según código de monitoreo. ....	38
Figura 3. Temperatura promedio según código de monitoreo. ....	40
Figura 4. Velocidad del viento promedio según código de monitoreo. ....	41
Figura 5. Humedad promedio según código de monitoreo. ....	42
Figura 6. Concentración de PM <sub>2.5</sub> en el aire según temperatura. ....	44
Figura 7. Concentración de PM <sub>2.5</sub> según velocidad del viento. ....	45
Figura 8. Concentración de PM <sub>2.5</sub> según la humedad. ....	46
Figura 9. Correlaciones de los factores meteorológicos y PM <sub>2.5</sub> . ....	47
Figura 10. Correlación entre microorganismos y PM <sub>2.5</sub> . ....	49
Figura 11. Microorganismos en PM <sub>2.5</sub> según el medio de cultivo. ....	51
Figura 12. Microorganismos en PM <sub>2.5</sub> en la EM-1, según medio de cultivo. ....	54
Figura 13. Microorganismo en PM <sub>2.5</sub> en la EM-2, según el medio de cultivo. ....	55
Figura 14. Microorganismos en PM <sub>2.5</sub> en la EM-3, según medio de cultivo. ....	56
Figura 15. Bacterias en PM <sub>2.5</sub> según factores meteorológicos por estación de monitoreo. ....	57
Figura 16. Hongos en PM <sub>2.5</sub> según factores meteorológicos por estación de monitoreo. ....	58
Figura 17. Metales en PM <sub>2.5</sub> según estaciones de monitoreo. ....	59
Figura 18. Diagrama de flujo de los métodos a realizar. ....	101
Figura 19. Metales totales en PM <sub>2.5</sub> según la estación de monitoreo. ....	102
Figura 20. Prueba de monitoreo – Estación meteorológica. ....	103
Figura 21. Traslado de equipos de monitoreo de aire Arequipa – Juliaca. ....	103
Figura 22. Prueba de monitoreo – PARTISOL. ....	103
Figura 23. Filtro de teflón a usar en prueba de monitoreo de PM <sub>2.5</sub> . ....	103
Figura 24. Verificación de las buenas condiciones del filtro de teflón. ....	104
Figura 25. Colocación del filtro de teflón al equipo de muestreador de partículas. ....	104
Figura 26. Colocación del portafiltro al muestreador PARTISOL. ....	104
Figura 27. Configuración de muestreador PM <sub>2.5</sub> PARTISOL. ....	104
Figura 28. Configuración de la estación meteorológica Davis Pro. ....	105
Figura 29. Configuración de muestreador PM <sub>2.5</sub> PARTISOL. ....	105
Figura 30. Finde monitoreo EM-1. ....	105
Figura 31. Muestra de PM <sub>2.5</sub> de EM-1. ....	105
Figura 32. Configuración del tablero del PARTISOL. ....	106
Figura 33. Colocación del portafiltro al muestreador PARTISOL. ....	106

Figura 34. Estación de monitoreo 2 Pedro Vilcapaza – día 1. ....	106
Figura 35. Estación de monitoreo 2 Pedro Vilcapaza – día 2. ....	106
Figura 36. Muestra de PM <sub>2.5</sub> de EM-2 Pedro Vilcapaza. ....	107
Figura 37. Equipo de monitoreo de PM <sub>2.5</sub> PARTISOL.....	107
Figura 38. Filtro de teflón EM-3 Óvalo de Salida Cusco.....	107
Figura 39. Muestra de PM <sub>2.5</sub> de EM-2 para análisis microbiológico. ....	107
Figura 40. Colocación del portafiltro al muestreador PARTISOL EM-3.....	108
Figura 41. Salida del portafiltro del PARTISOL. ....	108
Figura 42. Configuración de estación meteorológica.....	108
Figura 43. Configuración de muestreador PM <sub>2.5</sub> PARTISOL.....	108
Figura 44. Equipo de monitoreo de PM <sub>2.5</sub> PARTISOL EM-3.....	109
Figura 45. Tablero de control PARTISOL.....	109
Figura 46. Filtro de cuarzo con muestra de PM <sub>2.5</sub> dentro de un frasco esterilizado. ....	109
Figura 47. Equipo de monitoreo de PM <sub>2.5</sub> PARTISOL EM-3.....	109
Figura 48. Materiales de desinfección y envases esterilizados. ....	110
Figura 49. Lavado de las placas petri. ....	110
Figura 50. Limpieza y desinfección del área de trabajo.....	110
Figura 51. Introducción de placas petri a la autoclave. ....	110
Figura 52. Medios de cultivos preparados ....	111
Figura 53. Extracción de las muestras microbiológicas. ....	111
Figura 54. Adición de glicerol al agar Cetrimide.....	111
Figura 55. Retiro de filtro teflón ....	111
Figura 56. Esterilización del asa de siembra microbiológica.....	112
Figura 57. Medios de cultivo después de haber sido retirados de la autoclave.....	112
Figura 58. Incubación de muestras.....	112
Figura 59. Siembra de muestras microbiológicas en agar chocolate. ....	112
Figura 60. Agares de la marca alemana Merck. ....	113
Figura 61. Homogenización de muestras con agitador magnético.....	113
Figura 62. Materiales para envolver las placas petri. ....	113
Figura 63. Bomba de vacío extrayendo las muestras de PM <sub>2.5</sub> ....	113
Figura 64. Pesado de la cantidad de agar en crisol.....	114
Figura 65. Matraces con agua destilada. ....	114
Figura 66. Mezcla de agua destilada junto a agar sabouraud. ....	114
Figura 67. Rotulado y codificación respectiva de los medios de cultivo. ....	114



Figura 68. Medios de cultivo dentro de una autoclave de 50 L. ....	115
Figura 69. Homogenización de glicerina y agar sabouraud. ....	115
Figura 70. Verificación previa y durante la esterilización. ....	115
Figura 71. Matraces con medio de cultivo, ....	115
Figura 72. Mezcla de sangre con agar nutritivo para el agar sangre y chocolate. ....	116
Figura 73. Programación de autoclave, esterilización a 121°C. ....	116
Figura 74. Rotulado y codificación de medios de cultivo. ....	116
Figura 75. Medios de cultivo previo al autoclavado. ....	116
Figura 76. Muestra dentro de una cuenta colonia electrónica. ....	117
Figura 77. Incubación de medios cultivos. ....	117
Figura 78. Medios de cultivo para ser cuantificadas ....	117
Figura 79. Preparación de medios de cultivo ....	117
Figura 80. Pseudomonas aeruginosa a través de un microscopio electrónico. ....	118
Figura 81. Muestra de Agar mcconkey, para ser cuantificada. ....	118
Figura 82. Muestra microbiológica post tinción gram. ....	118
Figura 83. Agar Cetrimide, de las 3 estaciones de monitoreo. ....	118
Figura 84. Penicillium commune a través de un microscopio electrónico. ....	119
Figura 85. Escherichia coli a través de un microscopio electrónico. ....	119
Figura 86. Muestra microbiológica post tinción gram. ....	119
Figura 87. Muestra número 3 de estación de monitoreo 3. ....	119
Figura 88. Vista general de las muestras microbiológicas. ....	120
Figura 89. Agar sabouraud, de las 3 estaciones de monitoreo. ....	120
Figura 90. Candida albicans a través de un microscopio electrónico. ....	120
Figura 91. Agar Manitol Salado, de las 3 estaciones de monitoreo. ....	120
Figura 92. Muestras microbiológicas junto a una cuenta colonia electrónica. ....	121
Figura 93. Crecimiento de microorganismo en agar manitol salado. ....	121
Figura 94. Agar sangre, de las 3 estaciones de monitoreo. ....	121
Figura 95. Estafilococo epidermidis a través de un microscopio electrónico. ....	121
Figura 96. Staphylococcus aureus a través de un microscopio electrónico. ....	122
Figura 97. Bacteria Staphylococcus aureus. ....	122
Figura 98. Enterococcus spp. a través de un microscopio electrónico. ....	122
Figura 99. Crecimiento de microorganismo en agar chocolate. ....	122
Figura 100. Agar chocolate, de las 3 estaciones de monitoreo. ....	123

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación de las estaciones de monitoreo para PM <sub>2.5</sub> .....	27
Tabla 2 Número de estaciones de monitoreo sugeridas por la OMS .....	28
Tabla 3 Número de repeticiones de las muestras microbiológicas .....	34
Tabla 4 Número de días de incubación por cada medio de cultivo.....	35
Tabla 5 Valores diarios de la concentración de PM <sub>2.5</sub> según su código de monitoreo .....	37
Tabla 6 Valores diarios promedio de factores meteorológicos según su estación .....	37
Tabla 7 Estadísticos descriptivos de los factores meteorológicos y PM <sub>2.5</sub> en el aire.....	43
Tabla 8 Estándar Nacional de Calidad para Aire .....	95
Tabla 9 Normativa Internacional EPA para material particulado en el aire .....	97
Tabla 10 Normativa Internacional OMS para material particulado en el aire .....	97
Tabla 11 Normativa Internacional EPA para metales en el aire .....	98
Tabla 12 Operacionalización de variables independiente y dependientes .....	99
Tabla 13 Matriz de consistencia del trabajo de investigación.....	100

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Cálculo de la concentración de medios de cultivo .....	94
ANEXO 2. Estándares de calidad ambiental nacional e internacional.....	95
ANEXO 3. Estándares internacionales para metales en el aire.....	98
ANEXO 4. Operacionalización de variables.....	99
ANEXO 5. Matriz de consistencia.....	100
ANEXO 6. Diagrama de flujo.....	101
ANEXO 7. Gráfico de metales totales en PM2.5.....	102
ANEXO 8. Panel fotográfico de ejecución del trabajo de investigación .....	103
ANEXO 9. Certificado de acreditación por parte de INACAL al laboratorio ALAB.....	124
ANEXO 10. Resultados de PM2.5 y metales totales. ....	125
ANEXO 11. Certificados de calibración de estación meteorológica. ....	129
ANEXO 12. Fichas técnicas del agar cetrimide.....	135
ANEXO 13. Fichas técnicas del agar macconkey.....	137
ANEXO 14. Fichas técnicas del agar manitol salado. ....	139
ANEXO 15. Fichas técnicas del agar nutriente.....	142
ANEXO 16. Fichas técnicas del agar sabouraud. ....	145

## RESUMEN

La contaminación atmosférica ha degradado la calidad del aire de manera acelerada, atribuyéndose al material particulado igual o menor a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ) como uno de los mayores contaminantes a nivel mundial. Debido a su tamaño, este llega a ser un medio de transporte para biopartículas y metales adheridos a su superficie, que en interacción con factores meteorológicos generan la dispersión de contaminantes. El objetivo de esta investigación fue evaluar la contaminación de  $PM_{2.5}$  por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca. El monitoreo se realizó en época seca o de estiaje (octubre) y se ubicaron 3 Estaciones de Monitoreo (EM), Av. Circunvalación con Jr. Jorge Chávez, Av. Circunvalación con Jr. Cahuide y Jr. San Martín con Jr. Mariano Núñez, se recolectó 9 muestras de  $PM_{2.5}$ , a través del método de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), Código de Regulaciones Federales 40 (CFR), Apéndice L de la Parte 50 del año 2014. Se utilizaron 6 muestras para el análisis de  $PM_{2.5}$ , de las cuales 3 se usaron para cuantificar los metales totales mediante el método de la EPA IO-3.4 1999 y 3 muestras se usaron para cuantificar los microorganismos mediante la técnica de dilución en medios de cultivos. Se obtuvo valores de 52.95 y 54.62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la EM-2 de  $PM_{2.5}$  y 58.56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la EM-3; los valores más representativos de microorganismos en  $PM_{2.5}$  se encontraron en la EM-2, tales como el *Staphylococcus aureus* con 365 UFC/mL, *Haemophilus influenzae* 223 UFC/mL y *Candida albicans* 307 UFC/mL; los elementos de mayor concentración en  $PM_{2.5}$  fueron calcio (9.93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), silicio (6.58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y magnesio (2.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Finalmente, la EM-2 y EM-3 exceden el Estándar de Calidad Ambiental, los microorganismos encontrados corresponden a hongos y bacterias, mientras que en las tres estaciones de monitoreo los metales en  $PM_{2.5}$  predominantes fueron el calcio, silicio y magnesio.

**Palabras clave:** Contaminación atmosférica, calidad del aire,  $PM_{2.5}$ , metales en el aire, microbiología del aire.

## ABSTRACT

Air pollution has degraded air quality at an accelerated rate, attributing particulate matter equal to or less than 2.5 microns ( $PM_{2.5}$ ) as one of the largest pollutants worldwide. Due to its size, it becomes a means of transport for bioparticles and metals attached to its surface, which in interaction with meteorological factors generate the dispersion of pollutants. The objective of this investigation was to evaluate the contamination of  $PM_{2.5}$  by the presence of microorganisms and total metals in the urban area of Juliaca. The monitoring was carried out in the dry or dry season (October) and 3 Monitoring Stations (EM) were located: Circunvalación Avenue with Jr. Jorge Chávez, Circunvalación Avenue with Jr. Cahuide and Jr. San Martín with Jr. Mariano Núñez, 9 samples of  $PM_{2.5}$  were collected, through the method of the Environmental Protection Agency (EPA), Code of Federal Regulations 40 (CFR), Appendix L of Part 50 of the year 2014. 6 samples were used for analysis of  $PM_{2.5}$ , of which 3 were used to quantify total metals using the EPA IO-3.4 1999 method and 3 samples were used to quantify microorganisms using the dilution technique in culture media. Values of 52.95 and 54.62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  were obtained in  $PM_{2.5}$  EM-2 and 58.56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in EM-3; the most representative values of microorganisms in  $PM_{2.5}$  were found in EM-2, such as *Staphylococcus aureus* with 365 CFU/mL, *Haemophilus influenzae* 223 CFU/mL and *Candida albicans* 307 CFU/mL; the elements with the highest concentration in  $PM_{2.5}$  were calcium (9.93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), silicon (6.58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and magnesium (2.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Finally, EM-2 and EM-3 exceed the Environmental Quality Standard, the microorganisms found correspond to fungi and bacteria, while in the three monitoring stations the predominant metals in  $PM_{2.5}$  were calcium, silicon and magnesium.

**Keywords:** Air pollution, air quality,  $PM_{2.5}$ , airborne metals, air microbiology.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema considerable en la actualidad, por su impacto negativo en el ambiente y en la salud humana (Santos et al., 2020), en diversas partes del mundo los niveles de contaminación continúan siendo peligrosamente elevados (Platel et al., 2020) a consecuencia de la urbanización y la industrialización (Yang et al., 2018). A nivel global el  $PM_{2.5}$  es una preocupación por su contaminación en el aire (Yin et al., 2021), debido a su diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras, esta partícula puede ser sólida o líquida y se encuentra suspendida en la atmósfera (Santos et al., 2019; Vu et al., 2021), presentándose particularmente en zonas urbanas de elevada densidad poblacional por la variedad de fuentes contaminantes fijas y móviles (Alemayehu et al., 2020; Arsov et al., 2021; Yang et al., 2018), la velocidad y dirección del viento como variables meteorológicas tienen un impacto en la dispersión del  $PM_{2.5}$  (Arrieta, 2016) transportándose largas distancias y haciendo que esta sea de una preocupación especial (Donahue, 2018).

La composición y tamaño definen la toxicidad del  $PM_{2.5}$  (Ahmad et al., 2021), el tamaño del material particulado es especialmente importante para pronosticar el impacto de los contaminantes (Lee et al., 2021), entre menos sea el diámetro de la partícula, mayor será el perjuicio en la salud, tal es el caso de  $PM_{2.5}$ , (Ordoñez-Aquino et al., 2018); de la misma forma, está asociado con enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, respiratorias y cáncer de pulmón (Environmental Protection Agency [EPA], 2018; Loxham et al., 2019; Platel et al., 2020) también demuestran efectos nocivos sobre el sistema nervioso central (Chew et al., 2020), todo ello especialmente en jóvenes, ancianos y enfermos (Pallarés et al., 2019).

El  $PM_{2.5}$  cuenta con una gran superficie y actúa como portador de contaminantes químicos y biológicos (Chen et al., 2015). La gran variedad de componentes químicos del  $PM_{2.5}$  son una mezcla compleja (Zhou et al., 2021) puesto que contienen metales como, zinc, hierro, plomo, níquel, etc (Sharma et al., 2020); algunos efectos sobre la salud de los metales asociados a  $PM_{2.5}$  causan irritación e inflamación respiratoria, enfermedades pulmonares y cardíacas e incluso cáncer (Chen et al., 2022; Roy et al., 2019; Tsai et al., 2020; Xie et al., 2020; Xu et al., 2020). El  $PM_{2.5}$  también llega a transportar contaminantes biológicos,

como bacterias, mohos, polen, hongos y virus (Castillo, 2019; Lee et al., 2021) produciendo enfermedades respiratorias como amigdalitis, neumonía clásica, otomicosis, meningitis, entre otros (Castillo, 2019).

La ciudad de Juliaca al estar en constante crecimiento demográfico conlleva al desarrollo de diversas actividades generando emisiones de  $PM_{2.5}$ , el material particulado es el medio de transporte de diversos microorganismos y metales que pueden interactuar con el organismo de las personas, desencadenando o agravando diversas enfermedades según sea el tiempo de exposición, concentración y composición de esta fracción particulada. Desde una perspectiva ambiental esta investigación brinda conocimientos acerca del aspecto e impacto ambiental en el aire de la ciudad de Juliaca respecto al  $PM_{2.5}$ ; ante una mirada de ámbito social esta investigación genera conocimientos acerca de los peligros y riesgos a los cuales las personas están expuestas, además de contribuir con información científica a una población beneficiaria aproximada de 235 110 en la ciudad de Juliaca, además de contribuir también a la toma de decisiones y creación de políticas de instituciones estatales como la Municipalidad Provincial de San Román (MPSR), Gobierno Regional Puno, Ministerio del Ambiente (MINAM) y por parte del Ministerio de Salud (MINSA), para la prevención de enfermedades relacionadas a la contaminación del aire por  $PM_{2.5}$ . El objetivo de esta investigación es evaluar la contaminación de  $PM_{2.5}$  por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

Un problema global crítico es la contaminación del aire (Ścibor et al., 2020), debido a la variedad de fuentes fijas y móviles de contaminantes, particularmente en zonas urbanas donde es elevada la densidad poblacional (Yang et al., 2018; Alemayehu et al., 2020; Arsov et al., 2021). Debido a su tamaño, el  $PM_{2.5}$  es de mayor importancia en la problemática de la calidad del aire (Suárez-Salas et al., 2017), este contaminante puede transportar biopartículas como bacterias, virus, hongos y polen debido a su diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras (Nanclares, 2016), por ello la contaminación de  $PM_{2.5}$  se ha convertido en uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a la salud humana en todo el mundo (Joo et al., 2021; Stege et al., 2021) y es una causa sustancial de enfermedades no transmisibles, diversos estudios mencionan los efectos adversos para la salud, ocasionando afecciones respiratorias crónicas (Arias-Pérez et al., 2020; Lu et al., 2020; Olaya et al., 2020), también transporta en su superficie sulfatos, nitratos, ácidos, metales y partículas de carbono con varios elementos químicos (Menezes et al., 2019) que junto a factores meteorológicos y topográficos causan la dispersión de contaminantes en el aire (Arrieta, 2016; Wang et al., 2017).

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más persistentes en América del Sur (Gómez et al., 2020), según estudios, la capital del Perú es una de las ciudades más contaminadas de América y no tiene suficientes mediciones terrestres de  $PM_{2.5}$  (Vu et al., 2021), diversas fuentes de contaminación del aire se han identificado en Lima y Callao, entre ellos se encuentran actividades como el alto tránsito vehicular, el desarrollo del sector industrial, gasolineras y restaurantes (Ilizarbe-Gonzales et al., 2020), siendo de preocupación las poblaciones con economías de veloz crecimiento en los países en desarrollo, como es el caso de la capital y otras regiones importantes del país (Romero et al., 2020).



La ciudad de Juliaca según el último censo del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) tiene una población de 235 110 y según el PDU (Plan de Desarrollo Urbano) se proyecta que al 2025 se aproxime a una población de 370 714, conllevando a un crecimiento demográfico acelerado, lo que implica una inadecuada distribución urbana. Resultado de esto el desorden en el desarrollo de sus actividades económicas como el transporte masivo, desborde de mercados o centros comerciales, aumento en el número de industrias a pequeña y mediana escala, las vías de tránsito vehicular no están asfaltadas, etc.; contribuyen a la emisión de  $PM_{2.5}$  y a la contaminación del aire. Según estudios en el año 2015 se tuvo una concentración promedio de  $33.3 \mu g/m^3$  (Huanca, 2016), en el año 2016 se tuvo una concentración promedio de  $44.2 \mu g/m^3$  (Hanco, 2017) y en esta investigación realizada en época seca o de estiaje (octubre), el incremento de polución es mayor por la ausencia de precipitación fluvial, promoviendo el aumento del  $PM_{2.5}$  en la ciudad de Juliaca. Sin embargo, no solo el  $PM_{2.5}$  es importante por su micro tamaño, sino también su composición (metales y microorganismos), además tiene efectos negativos en la salud de las personas como problemas respiratorios o cardiovasculares (Hanco, 2017; Pinkerton et al., 2019). La investigación tiene por objetivo evaluar la contaminación de  $PM_{2.5}$  por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca, cuyos resultados permitirán tener una base de datos para la toma de decisiones en cuanto a la calidad del aire.

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la contaminación de  $PM_{2.5}$  por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Determinar la concentración de  $PM_{2.5}$  en el área urbana de Juliaca.

Cuantificar el número de unidades formadoras de colonias de bacterias y hongos en  $PM_{2.5}$  en el área urbana de Juliaca.

Evaluar la concentración de metales totales en  $PM_{2.5}$  en el área urbana de Juliaca.

### **1.3. Justificación de la investigación**

#### **1.3.1. Justificación teórica**

Esta investigación da a conocer la contaminación al ambiente por el  $PM_{2.5}$  y su composición microbiológica y de metales totales en el aire dentro del área urbana de la ciudad de Juliaca en época seca o de estiaje (octubre). La ejecución de la tesis determinó el impacto negativo a la calidad del aire por contaminación de  $PM_{2.5}$ , superando los estándares establecidos, además la composición de este material particulado son principalmente microorganismos que se transportan en el aire, y los elementos químicos hallados corresponden a silicio, magnesio y calcio, por lo que se propone alternativas de solución acorde a los resultados hallados.

#### **1.3.2. Justificación práctica**

Por consiguiente, en lo ambiental proporciona información del aspecto e impacto ambiental del contaminante  $PM_{2.5}$  en la ciudad de Juliaca, contribuyendo con información para mitigar y buscar soluciones sostenibles ante este impacto ambiental; desde una perspectiva social, esta investigación contribuirá con una base de datos acerca de los peligros y riesgos a los que están expuestos las personas, además generará información científica a una población beneficiaria aproximada de 235 110 habitantes en la ciudad de Juliaca, aportando también a la toma de decisiones y creación de políticas de instituciones estatales como la Municipalidad Provincial de San Román (MPSR), Gobierno Regional Puno, Ministerio del Ambiente (MINAM) y Ministerio de Salud (MINSA) para la prevención de enfermedades relacionadas a la contaminación del aire por  $PM_{2.5}$ .

Finalmente, en lo tecnológico esta investigación sugiere la implementación de sistemas continuos de monitoreo por parte de las autoridades locales y nacionales, debido al impacto ambiental significativo para la salud y el medio ambiente, estos sistemas continuos aportaran data en tiempo real durante todo el año, contribuyendo con una información más completa para la prevención de enfermedades y contaminación ambiental del aire en el área urbana de Juliaca.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Internacionales

Liu et al. (2021), estudiaron la variación química y espacio temporal del PM<sub>2.5</sub> en Zhangjiakou, China. La investigación se hizo en cuatro sitios urbanos en el año 2019. La concentración media ( $\pm$  desviación estándar) observada de material particulado menor a 2.5 micras fue  $43.0 \pm 34.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las densidades de PM<sub>2.5</sub> y sus elementos principales eran por lo general menos elevados en el norte que en el sur y en verano que en invierno. Los componentes químicos principales fueron, iones inorgánicos secundarios (25.7%), materia orgánica (31.8%) y polvo mineral (14.7%). En los días de contaminación se vieron vínculos de oxidación de azufre (SOR) y vínculos de oxidación de nitrógeno (NOR). Finalmente, los resultados indican que mejorará en gran medida la calidad del aire en la región de Beijing-Tianjin-Hebei, con la prevención y el control en conjunto.

Franco-Pineda (2020), analizaron los datos de concentración de filtros recolectados entre octubre de 2018 a febrero 2019 en las 5 estaciones de monitoreo y se realizó una caracterización elemental para 18 filtros de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Para las partículas menores a 2.5 micras fueron de  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los resultados de composición mostraron la presencia de elementos como Pb, S, Cu, Na, Al, Cl y Fe que se asociaron a fuentes vehiculares, el Pb y Na a procesos de combustión; Pb, S, K y Cu se vincularon al desgaste de llantas y frenos; Fe, Cu y Pb al desgaste de piezas móviles, y Pb Cr, Ge, Cu y Al se asociaron al polvo de vías. Elementos como Fe, Al, S, Na, Ca y Mg se relacionaron con industrias del acero como fundición y soldadura. Mientras que elementos como P, S, Zn, F, As, Mn, Mg, Ga y Ti son atribuidos a fuentes volcánicas.

Sulaymon et al. (2020), estudiaron la composición química del PM<sub>2.5</sub> de Lugbe en Nigeria, para efectuar el reconocimiento de fuentes y contribuciones de este. En un periodo de cuatro meses en dos lugares se obtuvieron 246 muestras de PM<sub>2.5</sub>. Siendo 142 µg/m<sup>3</sup> la concentración más alta de PM<sub>2.5</sub> en invierno y 84 µg/m<sup>3</sup> las más baja que se obtuvo en verano. Se hallaron seis fuentes de PM<sub>2.5</sub> mediante el modelo de factorización de matriz positiva (PMF), las cuales fueron polvo de la corteza, polvo mineral, nitrato secundario, sulfato secundario, gases de escape de vehículos y fuentes industriales. Los resultados demostraron que la calidad del aire puede mejorar significativamente, mediante la reducción de emisiones de polvo de la corteza, gases de escape de los vehículos y las fuentes secundarias de sulfato.

Karimi et al. (2020), realizó una investigación donde tuvo por objetivo la asociación de bacterias al PM<sub>2.5</sub> en el aire, en la metodología menciona la recolección de muestras de PM<sub>2.5</sub> y bacterias en el aire. Las bacterias transportadas por el aire se cuantificaron mediante el método de cultivo y se usaron métodos moleculares para la identificación de las especies de *Staphylococcus*. La concentración promedio de PM<sub>2.5</sub> y bacterias en la atmósfera fue de 64.83 µg/m<sup>3</sup> y 38 UFC/m<sup>3</sup>, respectivamente, los resultados no demostraron una correlación importante ( $p < 0.05$ ) entre los índices de PM<sub>2.5</sub> y la concentración bacteriana, es importante resaltar que se detectaron especies de *Staphylococcus* en 8 de las 37 muestras.

Marrugo & Uribe (2017), caracterizaron bacteriológicamente el PM<sub>10</sub> en un ambiente marino de la ciudad de Cartagena de Indias y se determinó la relación existente entre la concentración de PM<sub>10</sub> y los parámetros meteorológicos. Se recolectaron 30 muestras de aire para los dos meses muestreados (agosto y septiembre) por medio de dos equipos de bajo volumen semiautomáticos (BGI modelo PQ200). Uno para determinar la concentración del material particulado y el otro para la caracterización bacteriológica. Dentro de los microorganismos se encontraron bacterias *Bacillus marisflavis* (68 UFC/mL), *Bacillus flexus* (9 UFC/mL), *Bacillus cohnii* (9 UFC/mL) y *Bacillus sp.* (22 UFC/mL). En los resultados se encontraron que la norma de calidad del aire para PM<sub>10</sub> (100 µg/m<sup>3</sup>) fue superada en 3 días durante el periodo de muestreo y las condiciones meteorológicas no parecieron ser la causa que explique este fenómeno ( $r < 0.3$ ).

Nanclares (2016), evaluó la presencia de bacterias en PM<sub>2.5</sub> en dos zonas urbanas y en una zona rural del Valle de Aburrá. La caracterización de bacterias relacionadas al PM<sub>2.5</sub> se realizó mediante técnicas dependientes de cultivo, caracterización molecular por análisis de espaciadores ribosomales intergénicos (RISA) y secuenciación del ADNr 16S. Se identificaron bacterias competentes a los phyla Proteobacteria, Actinobacteria y Firmicutes. El phylum Firmicutes predominó en todos los puntos de muestreo con géneros como *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Lysinibacillus*, *Exiguobacterium*, *Staphylococcus* y *Macrococcus*.

### 2.1.2. Nacionales

Advíncula (2021), determinó la contaminación microbiológica del aire por bacterias y hongos en el distrito de Castillo Grande, Tingo María. Se realizó el muestreo de aire en 7 puntos, utilizando el método IMPHINGER. El análisis de las muestras se realizó durante los meses de junio, julio y agosto del 2017. Se registró el mayor número de microorganismos aerobios viables totales (NMAV) en la Av. San Martín cuadra 5 con 470 X 103 NMAV/cm<sup>3</sup> y el menor número de microorganismos aeróbicos en la Av. Unión cdra. 7 con 107 X 103 NMAV/cm<sup>3</sup>. Las bacterias halladas fueron: *Enterobacter aerogenes*, *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter hofniae*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Clostridium sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella sp.*, *Proteus vulgaris*. Los nueve géneros de hongos identificados son patógenos: *Aspergillus sp.*, *Geotrichum sp.*, *Fusarium sp.*, *Candida sp.*, *Penicillium sp.*, *Botrytis sp.*, *Blastomyces sp.*, *Monosporium sp.* y *Rhizopus sp.*

Castillo (2019), evaluó microorganismos patógenos oportunistas en PM<sub>10</sub> del campus universitario de la UNASAM en Huaraz. Para la captura del PM<sub>10</sub> se realizaron tres muestreos en dos puntos ubicados dentro del campus universitario; posteriormente fueron sembradas en los medios de cultivos mediante el método de dilución, para luego ser incubadas. Finalmente se procedió a la identificación y conteo de los microorganismos. Según los resultados se corrobora la presencia de microorganismos patógenos oportunistas en el PM<sub>10</sub> del campus universitario. En el grupo de bacterias se identificaron: *Staphylococcus aereus*, *Escherichia coli*,

*Streptococcus pneumoniae*, y otras 13 bacterias más; respecto al grupo de los hongos, se pudo identificar al *Penicillium spp*, *Aspergillus* y *Mucor spp*.

Leoncio (2019), identificó y caracterizó los microorganismos patógenos en las partículas atmosféricas sedimentables de las áreas verdes de Tingo María, a su vez determinó el nivel de correlación entre estas partículas y microorganismos patógenos del aire. El muestreo microbiológico se realizó mediante el método de borboteo y el muestreo de partículas atmosféricas sedimentables fue por el método de placas receptoras, el análisis estadístico consistió en pruebas de ANVA, homogeneidad de varianzas, Pearson y Tukey. Los resultados indican una alta concentración de partículas atmosféricas sedimentables en junio en el Ecoparque (20.2 t/km<sup>2</sup>/mes) y una baja concentración en el parque Tupac Amaru (5.2 t/km<sup>2</sup>/mes). Se halló 28 géneros de bacterias: *Pantoea agglomerans*, *Staphylococcus sp.*, *Bacillus sp.*, los hongos de importancia: *Candida sp.*, *Aspergillus sp.*, *Rhizopus sp.* y algunos fitopatógenos como *Fusarium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Richosporium sp.* y *Botritis sp.*

Ordoñez-Aquino et al. (2018), en su estudio identificó los elementos químicos del PM<sub>2.5</sub> en Lima, Perú. Realizó dos campañas de muestreo en el 2015, del 13 de abril al 3 de mayo el muestreo se realizó en Ate y Villa María del Triunfo, del 18 de mayo al 7 de junio en Puente Piedra y San Juan de Lurigancho, utilizando un muestreador de bajo volumen, modelo Partisol de la marca Thermo Scientific. El microscopio electrónico de barrido de la marca SEMFE QUANTA 200, más un espectrofotómetro EDS acoplado, que se utilizó para la caracterización química-morfológica del PM<sub>2.5</sub>. Finalmente tuvieron como resultado que en el PM<sub>2.5</sub> se encuentra químicamente constituido por azufre (5.6%), cloro (3.7%), sodio (2.9%), silicio (2.4%), hierro (2.3%), calcio (1.3%), aluminio (0.9%) y potasio (0.8%), los elementos restantes se agruparon puesto que están en menores proporciones, los cuales son: manganeso, plomo, titanio, zinc, magnesio, cobalto, cobre, bario, fósforo y carbón.

Pacsi & Llanos (2017), determinaron la composición química de PM<sub>2.5</sub> en el campus de la UNALM y trabajaron con muestras de PM<sub>2.5</sub> recolectadas entre julio y setiembre en 5 puntos de monitoreo. Utilizaron un muestreador bajo volumen modelo PARTISOL, para la composición química se analizó mediante

Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES), para nitratos y sulfatos se analizó mediante un Cromatógrafo Iónico. Obtuvieron como resultado que el valor promedio de la composición metálica del  $PM_{2.5}$  corresponde a  $3.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el valor promedio del contenido total de aniones de  $PM_{2.5}$  es de  $11.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los metales en el  $PM_{2.5}$  encontrados fueron el Zn que sobrepasó el valor típico urbano (VTU), el Fe, Zn, Mn, Cu, Cr, Ni y V superaron su valor típico rural (VTR); y finalmente el Ni igualó su valor de riesgo mínimo de cáncer (RC).

Cahuantico (2019), determinó el grado de contaminación del aire por  $PM_{2.5}$  en los distritos de Wánchaq, San Sebastián y San Jerónimo. La recolección de las muestras se realizó mediante el método de gravimetría con el uso de un HI-VOL3000, el método utilizado esta validado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), se utilizó filtro de cuarzo y una balanza analítica con 4 cifras decimales marca OHAUS. El monitoreo de  $PM_{2.5}$  en Wánchaq obtuvo el valor de  $73.401 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en San Sebastián  $51.928 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y San Jerónimo  $137.134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sobrepasando el ECA ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas) y los estándares de la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), existiendo contaminación en el aire por la presencia de las ladrilleras ubicadas en San Jerónimo y el parque automotor.

### **2.1.3. Locales**

Condori & Herrera (2019), determinaron los niveles de densidad total de polvo, dióxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles en la ciudad de Juliaca. Se construyó un multiparámetro de calidad de aire, usando el método de programación C++ en la placa arduino NANO, con sensor de gas CCS811 y sensor de polvo GP2Y1010AU0F, se tomaron seis puntos de acuerdo con el tráfico peatonal y vehicular distribuidas por las principales avenidas. Los resultados para densidad total de polvo son de  $22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $24.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $21.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para  $CO_2$  se obtuvo valores de  $1155.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $2365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $2365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $1354 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $1026 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $1068 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y finalmente para COV's se tuvo resultados de  $16500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $896 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $896 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $1198.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $640 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $1109.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Huanca (2016), identificó las actividades antropogénicas relacionadas a  $PM_{2.5}$  y su concentración en Juliaca, también describió los factores relacionados a este. Utilizó dos equipos de alto volumen de la marca THERMO con filtros de cuarzo, para el

muestreo en nueve estaciones de monitoreo, los cuales se realizaron del 7 al 12 de abril del 2015, cubriendo un área total de 50.62 km<sup>2</sup>. Como resultados de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> se tuvo 57.3 µg/m<sup>3</sup> en la salida a Arequipa, 20.2 µg/m<sup>3</sup> en salida a Lampa, 19.3 µg/m<sup>3</sup> en Av. Aviación, 19.9 µg/m<sup>3</sup> en la salida a Cusco, 54.9 µg/m<sup>3</sup> en la circunvalación este, 27.1 µg/m<sup>3</sup> en la salida Huancané, 26.4 µg/m<sup>3</sup> en la salida Huata, 19.6 µg/m<sup>3</sup> en la salida a Puno y 54.7 µg/m<sup>3</sup> en la plaza Bolognesi.

Municipalidad Provincial de San Román [MPSR] (2017), en el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Juliaca 2016-2025, determinaron la concentración de contaminantes en el aire en fuentes fijas como ladrilleras artesanales, sector industrial y en fuentes móviles provenientes de medios de transporte como vehículos menores, autos particulares, colectivos, buses, vehículos de alta carga, etc. Determinando una concentración de monóxido de carbono (CO) con 2980.4 t/año, compuestos orgánicos volátiles (COV) con 876.60 t/año, óxidos de nitrógeno (NOX) con 153.88 t/año, óxidos de azufre (SOX) con 153.9 t/año y material particulado (PM) con 42.5 t/año.

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1 Atmósfera

La atmósfera terrestre es una fina capa de gases que rodea al planeta, esta capa es vital para la vida en la Tierra, ya que regula la temperatura de su superficie y retiene el oxígeno y el agua (Borduas & Donahue, 2018), de hecho el 99.99% de la atmósfera se compone de cuatro gases, nitrógeno molecular y oxígeno (N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>), argón (Ar) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Vallero, 2018), la atmósfera tiene una serie de capas que incluyen, desde el nivel del suelo, la troposfera, la estratosfera, la mesosfera, la termosfera y la exosfera (Behera & Prasad, 2020).

**a. Tropósfera:** Es la capa de la atmósfera más cercana a la superficie de la tierra, donde los gases reactivos y los aerosoles representan riesgos para la salud humana y los ecosistemas (Holloway & Sanderfoot, 2019). La troposfera es una región turbulenta que contiene aproximadamente el 80% de la masa de la atmósfera y la mayor parte de vapor de agua (Condie, 2016).



- b. Estratósfera:** La capa de la atmósfera comprende entre 10 y 50 km, la estratosfera se encuentra entre la troposfera y la mesosfera (Yiğit & Garcia, 2018).
- c. Mesósfera:** La mesosfera es la tercera capa más alta de la atmósfera y ocupa la región por encima de la estratosfera y por debajo de la termosfera (Speight, 2017). La temperatura en la mesosfera es de aproximadamente 190 K, aunque en ocasiones también es posible una temperatura de 160 K o incluso más baja (Pandey & Vladimirov, 2018).
- d. Termosfera:** La termosfera es la segunda capa más alta de la atmósfera y se extiende desde la mesopausa (que la separa de la mesosfera) a una altitud aproximada de 260.000 pies hasta la termopausa a una altitud que varía de 1. 600 000 a 3.300 000 pies (Speight, 2020).
- e. Exosfera:** Comienza en la parte superior de la termosfera, por lo tanto, la exosfera continúa fusionándose finalmente con los gases interplanetarios del espacio. En esta región, el hidrógeno y el helio son prácticamente los únicos elementos presentes y solo en densidades extremadamente bajas (Sforza, 2016).

### 2.2.2. Contaminación del aire

La contaminación del aire es una mezcla compleja y dinámica de numerosos compuestos en forma gaseosa y de material particulado, que se originan en diversas fuentes, están sujetos a transformación atmosférica, varían en el espacio y el tiempo (Katsouyanni et al., 2019; Brauer et al., 2021), alterando en los atributos físicos, químicos y biológicos del aire causando efectos adversos en los seres humanos y otros organismos (Sinha, 2019).

- a. Contaminantes atmosféricos:** Un contaminante atmosférico puede definirse como cualquier sustancia atmosférica que normalmente no está presente en la atmósfera o está presente en una concentración mayor o en una ubicación diferente a la habitual (Bloss, 2019).
- b. Contaminantes del aire:** Estos contaminantes comparten algunas similitudes y se pueden agrupar en diferentes categorías: contaminantes gaseosos (SO<sub>2</sub>,

NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, compuestos orgánicos volátiles), contaminantes orgánicos persistentes (dioxinas), metales pesados tóxicos (plomo, mercurio) y material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) (Fino, 2019).

- c. Contaminantes primarios:** Son liberados directamente por las fuentes emisoras. Algunos ejemplos son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos (HC), material particulado (PM) y óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) (D'Agosto, 2019).
  
- d. Contaminantes secundarios:** Son el resultado de la interacción de los contaminantes primarios con el aire. Un ejemplo importante de un contaminante secundario es el combustible de biomasa sólida (Sinha, 2019); el ozono y el aerosol orgánico secundario (SOA), VOC y NO<sub>x</sub> cuando se someten a procesamiento fotoquímico durante el transporte a través de la atmósfera (Zielinska & Samburova, 2019).

### 2.2.3. Dispersión de contaminantes atmosféricos

La dispersión de los contaminantes del aire se ve afectada por la variación de la velocidad y dirección del viento, la naturaleza del contaminante, los parámetros meteorológicos, la ubicación de la fuente del contaminante y la topografía de la región (D'Agosto, 2019). Los principales factores que determinan el comportamiento de las partículas y los gases en el aire son sus propiedades físicas, químicas y tóxicas (Gupta, 2019).

- a. Velocidad del viento:** Es el movimiento con el que se mueve el aire, con una dirección horizontal y depende directamente de la distribución de las presiones, cerca del suelo la velocidad es baja, aumentando rápidamente con la altura (Condori & Herrera, 2019), la velocidad del viento se ve afectada por la temperatura (Vallero, 2019), también puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea, menor será la concentración (Morales, 2019).

- b. Dirección del viento:** Por lo general se mide en grados, minutos y segundos, el marco de referencia con respecto al cual se realizan estas mediciones es la rosa de vientos (Hanco, 2017), la dirección del viento es muy importante en la dispersión horizontal de los contaminantes y determina en gran medida la dirección hacia donde se dirigirán (Arenas, 2017).
- c. Temperatura:** La temperatura es una medida de la energía cinética (calor contenido) de moléculas y átomos, la temperatura del aire afecta casi todos los procesos físicos, químicos y biológicos de la atmósfera (Brusseau et al., 2019).
- d. Precipitación:** La precipitación es una variable meteorológica importante que se mide de forma rutinaria en tierra con pluviómetro (Katsaros, 2019).
- e. Presión atmosférica:** Es la fuerza por unidad de área ejercida por las moléculas de aire, por lo general expresada en unidades de Newton por metro cuadrado ( $N/m^2$ ) o Pascales (Pa) (Brusseau et al., 2019).

#### 2.2.4. Material particulado

Son partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera, que pueden tener su origen en fuentes naturales, como la resuspensión del polvo del suelo afectado por el viento, o de actividades antropogénicas, como la quema de combustibles fósiles (Santos et al., 2019). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) ha dividido las partículas del aire en dos categorías de tamaño (Walworth & Pepper, 2019), las partículas gruesas inhalables también conocidas como  $PM_{10}$ , son partículas que tienen un diámetro aerodinámico inferior a  $10\ \mu m$  y las partículas finas o  $PM_{2.5}$ , son partículas que tienen un diámetro aerodinámico inferior a  $2.5\ \mu m$  (He et al., 2017).

- a.  $PM_{10}$ :** Se denomina  $PM_{10}$  a partículas con un diámetro menor a los 10 micras, las cuales son partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (Doria & Fagundo, 2016; Sánchez et al., 2020).

- b. PM<sub>2.5</sub>:** Se considera a las partículas con diámetro aerodinámico menor o igual 2.5 µm (Pal, 2020), siendo de especial preocupación porque se transporta a largas distancias y penetra profundamente en el pulmón humano cuando se respira (Donahue, 2018).
- c. Composición del material particulado:** El material particulado es una mezcla de partículas con diferente composición química (Katsouyanni et al., 2019), se suspende en el aire atmosférico creando un aerosol granular, que causa el deterioro de la calidad del aire y representa una amenaza para la salud de los residentes (Kończak et al., 2020), algunos de ellos son lo suficientemente oscuros o grandes para ser vistos, como el humo, el hollín, la suciedad, el polvo y las gotas de líquido, sin embargo, otros son tan pequeños que deben detectarse con un microscopio electrónico (He et al., 2017).

#### 2.2.5. Microbiología del aire

El aire está compuesto por microorganismos principalmente de hongos y bacterias, estas últimas se encuentran ampliamente dispersas en distintos ambientes dividiéndose en grupos, grampositivas y gramnegativas (Loaiza & Ruiz, 2019). Estos microorganismos desarrollaron gran capacidad de supervivencia, permitiendo colonizar cualquier espacio natural de la tierra; la atmósfera no tiene una microbiota endémica, sin embargo es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos que provienen de otros ambientes (Izquierdo, 2016). La presencia de bacterias en el aire es el resultado de actividades antropogénicas generadoras de aerosoles biológicos, que se convierten en vehículos transmisores de patógenos en los seres vivos (Marrugo & Uribe, 2017). Las condiciones meteorológicas como humedad, temperatura, vientos, rayos ultravioleta y otros, favorecen el traslado y crecimiento de la población microbiana; comportándose de manera diferente cada microorganismo respecto a los factores mencionados (Fernández & León, 2019).

- a. Bacterias:** Las bacterias se hallan dispersas en todas partes, en el aire, en el suelo, en el agua y particularmente en todo tipo de materia orgánica muerta (Macías et al., 2019). Estos microorganismos unicelulares pertenecientes a los procariotas, carecen de un núcleo celular y de otros orgánulos, su simple

organización celular, presenta una gran diversidad de formas conocidas como filamentos, cocos, bacilos, vibrios y espirilos (Sánchez et al., 2017). Las bacterias se hallan en hábitat variable, algunas son capaces de formar una envoltura, se multiplican por división y otras son capaces de estructurar endosporas más resistentes a las formas adversas de vida (Izquierdo, 2016).

- b. Hongos:** Microorganismos correspondientes al reino fungi, se diferencia de las bacterias por tener células eucariotas y poseer un núcleo definido la cual está rodeado por una membrana nuclear y organelas citoplasmáticas (Antonio et al., 2018). También son más grandes y estructuralmente más complejos que los procariotas, teniendo un origen evolutivo diferente. El dominio eucariota está integrado por hongos filamentosos, levaduras, algas, hongos mucosos y protozoos (Sánchez et al., 2017).
  
- c. *Streptococcus pneumoniae*:** Es un diplococo grampositivo que coloniza la nasofaringe y los portadores son en mayoría los niños (Morais et al., 2022; Sá-Leão & Tomasz, 2014), además es la causa más frecuente de neumonía (Evans, 2022). El *Streptococcus pneumoniae* y *Mycobacterium tuberculosis* son microorganismos que generan las principales enfermedades de las vías respiratorias provocando más de 3 millones de muertes cada año (Morais et al., 2022).
  
- d. *Neisseria meningitidis*:** Es un bacteria gramnegativa que se desarrolla en la nasofaringe y las cepas patógenas, pueden diseminarse al torrente sanguíneo y causar meningitis y septicemia (Borghetti et al., 2022), su transmisión se da por partículas líquidas del tracto respiratorio de una persona infectada, este suele ser asintomático (Gotschlich, 2009).
  
- e. *Verticillium dahliae* Kleb:** Pertenece a las clases de hongo, *Deuteromycetes* (Viana, 2015), su ciclo de vida consiste en una parte parasitaria en donde el hongo vive en el huésped y la otra no parasitaria, en la que permanece desapercibida (Keykhasaber et al., 2018). Normalmente se considera no patógeno en humanos, produciendo un compuesto antifúngico y un antibiótico antitumoral, esta variedad de compuestos adicionales son usados por diversas industrias (Singh & Prakash, 2015).

- f. ***Enterococcus spp***: Ampliamente originadas de la microbiota endógena y puede ser transmitida de individuo a individuo por consumo de alimentos contaminados. Puede colonizar la piel, el tracto respiratorio y sobrevivir en superficies ambientales por un tiempo prolongado (Porte et al., 2007).
  
- g. ***Listeria monocytogenes***: Es un microorganismo que contamina los productos cárnicos y tienen una influencia muy negativa en la salud de los consumidores, transmitido a través de los bioaerosoles en la industria cárnica (Dobeic et al., 2014).
  
- h. ***Escherichia coli***: Es un bacilo gramnegativo, anaerobio facultativo de la familia Enterobacteriaceae (Rodríguez-Angeles, 2002). Generalmente las cepas de *E. coli* viven inocuamente en el intestino y rara vez causan enfermedades en individuos sanos. No obstante, varias cepas patógenas pueden causar enfermedades extraintestinales en sujetos sanos e inmunocomprometidos (Vázquez-Rojas, 2020).
  
- i. ***Salmonella***: Es una bacteria que es la principal causa de enfermedades transmitidas por los alimentos en las personas (Dykes, 2016; Gill, 2017). Este organismo patógeno se diferencia principalmente por criterios serológicos, asignándoles nombres de especies dentro del género *Salmonella*, como *Salmonella typhimurium*, *Salmonella typhi* y *Salmonella dublin* (Roth, 2017).
  
- j. ***Geotrichum candidum***: Es un hongo que está presente en el cuerpo humano y distribuido en el suelo, el agua y el aire (Eliskases-Lechner et al., 2022). Considerado también un importante patógeno de almacenamiento postcosecha de frutas y verduras y un microbio común que altera los productos lácteos (Botha & Botes, 2014).
  
- k. ***Trichophyton mentagrophytes***: La especie *Trichophyton mentagrophytes* son agentes comunes de la dermatofitosis humana y animal (Symoens et al., 2011). La identificación se basa en observaciones macro y micromorfológicas, presenta colonias comúnmente planas, de color blanco, con textura aterciopelada y al reverso con una coloración amarillenta o café rosado (Rivas & Mühlhauser, 2015).

- l. *Aspergillus brasiliensis*:** Es un hongo filamentoso hialino transmitiéndose a través de las esporas que se encuentran presentes en el ambiente en forma de bioaerosoles e ingresan al organismo por vía respiratoria (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2020) . El *Aspergillus* puede provocar una afección pulmonar grave llamada aspergilosis (Montero, 2020).
  
- m. *Penicillium commune*:** Hongo filamentoso hialino, macroscópicamente las colonias son de crecimiento acelerado, sus esporas se encuentran en forma de bioaerosoles en el aire y dando ingreso al organismo mediante el sistema respiratorio, digestivo y parenteral (INSST, 2022).
  
- n. *Pseudomonas aeruginosa*:** Es un bacilo gramnegativo con un tamaño 0,5-1 micras, la transmisión se da por medio del contacto de la piel irritada, mucosas con el agua, otra forma de transmisión es la inhalación de bioaerosoles o fluidos contaminados (Databio, 2016).
  
- o. *Staphylococcus epidermidis*:** Bacteria grampositiva, es uno de los microorganismos de mayor importancia que se halla en la piel humana y las superficies mucosas (Namvar et al., 2014). Microscópicamente se observa como racimos de uvas y comúnmente es una bacteria inocua, sin embargo bajo ciertas circunstancias, algunas cepas pueden actuar como patógenos oportunistas (Uçkay et al., 2011).

#### **2.2.6. Medios de cultivo microbiológico**

- a. Agar macconkey:** Medio selectivo diferencial que aísla bacterias gramnegativas entéricas de las heces, la orina, aguas residuales y alimentos (Encinas, 2014), las peptonas proporcionan los nutrientes y el cristal violeta inhibe las bacterias grampositivas, en especial los enterococos y estafilococos, produciéndose colonias incoloras o de color de rosa a rojo según la capacidad del aislado para fermentar carbohidratos (Condalab, 2019).
  
- b. Agar sabouraud:** Medio de cultivo utilizado para el aislamiento, identificación y conservación de hongos patógenos y saprófitos; la alta concentración de dextrosa además del pH bajo favorece el desarrollo de estos, inhibiendo el

crecimiento de bacterias (Merck, s. f.). Este medio puede usarse también como base para la elaboración de medios enriquecidos: medios con sangre y medios con vitaminas (Biorad, 2019).

- c. **Agar chocolate:** Se utiliza para el aislamiento y cultivo de bacterias exigentes a partir de muestras clínicas (Biorad, 2011). Medio de cultivo potenciado el cual favorece el crecimiento y desarrollo de diferentes patógenos como es el *Haemophilus spp.* y *Neisseria spp.* (Laborclin, 2019).
  
- d. **Agar sangre:** Medio de cultivo utilizado para el aislamiento de diversos microorganismos. Cuando se suplementa con sangre ovina, permite el desarrollo de microorganismos nutricionalmente demandantes y la clara visualización de reacciones de hemólisis (Britania, 2021; Condalab, 2019).
  
- e. **Agar cetrimide:** Este medio de cultivo se utiliza para el aislamiento selectivo de *Pseudomonas aeruginosa* y de otras especies del género, su formulación permite el desarrollo selectivo de *Pseudomonas aeruginosa* y favorece la formación de pigmentos (Britania, 2021).
  
- f. **Agar manitol salado:** Es usado para el aislamiento selectivo e identificación presuntiva de *Staphylococcus* a partir de diversos materiales, incluyendo muestras clínicas, las colonias de *S. aureus* presentan buen desarrollo y se encuentra rodeadas de zonas amarillas (Valtek, s. f.).

### 2.2.7. Metales pesados en PM<sub>2.5</sub>

En el entorno urbano, las actividades de combustión, el procesamiento, la industrialización y el transporte han contaminado el aire con metales pesados tóxicos (Pb, Cr, Co, V, Cu, Cd, Ni, Mn, Zn y Fe) que se enriquecen con partículas atmosféricas (Sharma et al., 2020; Wang et al., 2021), otros elementos encontrados en PM<sub>2.5</sub> son Na, K, Al, Ti, Ba, Mo, As y Ca; considerados como cancerígenos el Cr, Co, Ni y As (Zhang et al., 2021).



- a. **Zinc (Zn):** Ingresa al aire, agua y suelo, consecuencia de actividades antropogénicas y procesos naturales, además está presente en el aire fundamentalmente en forma de partículas finas de polvo y este se asienta eventualmente sobre el agua y el suelo (Gad, 2014).
  
- b. **Cromo (Cr):** No es estable en el aire durante largos períodos de tiempo, el cromo llega al aire mediante liberaciones de la industria, instalaciones de desechos peligrosos y humo de cigarrillo (Wise et al., 2019).
  
- c. **Plomo (Pb):** Es un elemento natural, en el medio ambiente se encuentra como compuesto organometálico e inorgánico (sulfuro, nitrato, óxido haluros, etc.) (Palacios & Capdevila, 2013). En la industria, los compuestos más relevantes son tetraetilo de plomo y óxidos (Londoño-Franco et al., 2016). Los vehículos han contribuido de gran manera a la contaminación ambiental por plomo (Reyes, 2019).
  
- d. **Cadmio (Cd):** Es relativamente raro en la naturaleza (Londoño-Franco et al., 2016), proveniente de la fabricación de acumuladores y baterías, PVC, soldadura, colorantes, incineración de residuos de madera y plásticos, combustión de carburantes fósiles, fabricación de cemento y disposición de residuos sólidos en terraplenes (Sanchez, 2016).
  
- e. **Cobalto (Co):** Es un metal quebradizo, duro, gris plateado con propiedades parecidas al del hierro (ferromagnético), se encuentra en el ambiente en diferentes formas, siendo los principales compuestos de interés como óxido de cobalto, cobalto metálico y sulfato de cobalto (Cámara-Martos & Moreno-Rojas, 2016).
  
- f. **Calcio (Ca):** Este mineral es el quinto más abundante en la corteza terrestre, reacciona con el agua para dar formación al hidróxido de calcio (Planas, 2021; Symoens et al., 2011), este elemento compone al menos el 3.5% de la corteza terrestre y es componente importante de los seres vivos (flora y fauna), se obtiene generalmente de la piedra caliza, el yeso mineral y la fluorita (Maldonado, s. f.).

- g. Magnesio (Mg):** Este metal alcalino terreo junto con el calcio suelen asociarse para formar la dolomita, el cual es el principal mineral de rocas carbonatadas magnesianas o dolomías (Ramirez et al., 1999). Sin embargo, no se halla en la naturaleza en estado libre (como metal), sino como parte de numerosos compuestos, en su mayoría sales y óxidos (Carrasco, 2014).
  
- h. Silicio (Si):** El Silicio es un metaloide que forma parte de los carbonoides, de número atómico 14 y se presenta en estado natural en forma cristalizada (cuarzo) o amorfa (Carrasco, 2014), al ser un elemento muy común en la tierra, se halla en la arena y gran parte de los minerales (Barin, 2021).

### 2.2.8. Efectos del material particulado

La contaminación por PM<sub>2.5</sub> ocasiona efectos al medio ambiente y a la salud humana, por tanto se considera un factor de riesgo medioambiental importante (Van der Kamp, 2019).

- a. Efectos en el ambiente:** El material particulado en el aire puede causar acidificación de las nubes, alteración del equilibrio de radiación de la tierra a través de la absorción y dispersión de la radiación solar entrante o formación de núcleos de condensación de nubes (Yadav & Devi, 2019). Cuando los contaminantes entran como gases, pueden ser absorbidos directamente por el follaje, a través de las estomas o directamente inhalados por los animales, también pueden ingresar a los ecosistemas en forma de lluvia, nubes o niebla, o como partículas (Ashmore, 2017).
  
- b. Efectos en la salud:** Las partículas inhaladas se depositan en la nasofaringe, vías respiratorias y pulmones principalmente de acuerdo con su tamaño, forma y densidad. Las partículas pequeñas ingresan profundamente a los pulmones y se depositan (Thorne, 2019). El PM<sub>10</sub> pueden inhalarse y atravesar barreras (cilios y moco) para llegar a los bronquios y alvéolos, mientras el PM<sub>2.5</sub> tiene mayor penetración y puede alcanzar la pared bronquial fina para interferir con el intercambio de gases en los pulmones (Wang, 2018).

- c. Enfermedades cardiorrespiratorias:** Las partículas finas o PM<sub>2.5</sub> están relacionadas a la morbilidad y mortalidad en todo el mundo debido a afecciones cardiopulmonares (Ventura et al., 2019; Vo et al., 2020; Xue et al., 2020; Guo et al., 2022), implicando trastornos respiratorios y cardiovasculares (Alemán et al., 2015; Fazlzadeh et al., 2021; Ruiz-Bautista, 2019), poniendo en una situación adversa la salud cardiorrespiratoria en niños y ancianos (Prieto, 2016; Zhou et al., 2021).
  
- d. Enfermedades cardiovasculares:** El PM<sub>2.5</sub> se ha relacionado con las enfermedades cardiovasculares (Liu et al., 2021), entre ellas disfunción autonómica y repolarización ventricular prolongada (Gondalia et al., 2021) dañando la función cardiovascular e incrementando la mortalidad cardiovascular (Knuckles & Campen, 2018; Liu et al., 2018; Robertson & Miller, 2018).
  
- e. Enfermedades pulmonares:** La exposición a largo o corto plazo a varios constituyentes de PM<sub>2.5</sub> afecta la función pulmonar, aumentando el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Ma et al., 2021; Yang et al., 2021). La morbilidad está asociada a enfermedades crónicas como la obstrucción crónica pulmonar, asma y cáncer (Gonzales & Jiménez, 2020).
  
- f. Cáncer:** El Instituto Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) confirmaron que el PM<sub>2.5</sub> pertenece a un grupo carcinógeno (Gao et al., 2019), dependiendo de los compuestos presentes en el, produciendo efectos adversos en la salud (Angeriz, 2018), el riesgo de cáncer de pulmón depende también de la región geográfica donde se habita (Ciabattini et al., Hassan et al., 2021).

### **2.2.9. Gestión de la calidad del aire**

Son las acciones a realizar para conseguir la adecuación de los niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera sean las causas que la produzcan (Asociación Española para la Calidad [AEC], 2017).

- a. **Calidad del aire:** La calidad del aire se refiere a la condición del aire dentro de nuestro entorno. Debe estar limpio, transparente y libre de contaminantes como humo, polvo, smog, partículas e impurezas gaseosas (Kosky et al., 2021).
  
- b. **Índices de la Calidad del Aire (AQI):** El índice de calidad del aire o el índice de contaminación del aire, se usa comúnmente para informar el nivel de gravedad de la contaminación del aire al público (Kanchan & Goyal, 2015).
  
- c. **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Es un instrumento de gestión ambiental establecido para medir el estado de la calidad del ambiente el cual establece niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).
  
- d. **Protocolo nacional de monitoreo de la calidad 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 (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2019).
  
- e. **Monitoreo de la calidad del aire:** Monitoreo de la calidad del air se refiere al muestreo y análisis apropiados para establecer las concentraciones ambientales de contaminantes específicos (Mareddy, 2018).
  
- f. **Métodos de muestreo:** Se pueden aplicar diferentes métodos para evaluar la contaminación del aire: pasivo (placas de gravedad) o activo (impacto, impactadores y filtros) (Pinheiro & Viegas, 2016).
  
- g. **Muestreo activo:** Los dispositivos de muestreo activos se denominan así porque extraen aire a través del medio de muestreo con una bomba. El muestreo se ha clasificado tradicionalmente como caudal alto o bajo, con rangos que varían entre aplicaciones específicas (Kinross & Hageman, 2018).

- h. Muestreo pasivo:** Los métodos pasivos no permiten resultados cuantitativos, solo unidades formadoras de colonias (UFC) por placa, porque es casi imposible calcular el volumen exacto de aire muestreado (Pinheiro & Viegas, 2016).
  
- i. Gravimetría:** Las técnicas gravimétricas utilizan muestreadores basados en filtros para recolectar material particulado para su posterior pesaje (generalmente dentro de un laboratorio) (Newell et al., 2019).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito de estudio**

El estudio se realizó en el área urbana de la ciudad Juliaca, provincia de San Román, siendo una de las ciudades más importantes y de mayor población del departamento de Puno, con una altitud aproximada de 3825 m.s.n.m. y sus coordenadas se encuentran a una latitud de: -15.4933 y longitud de: -70.1356. El distrito de Juliaca está catalogado como uno de los 30 distritos más poblados del Perú, sosteniendo una población aproximada de 235 110 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018).

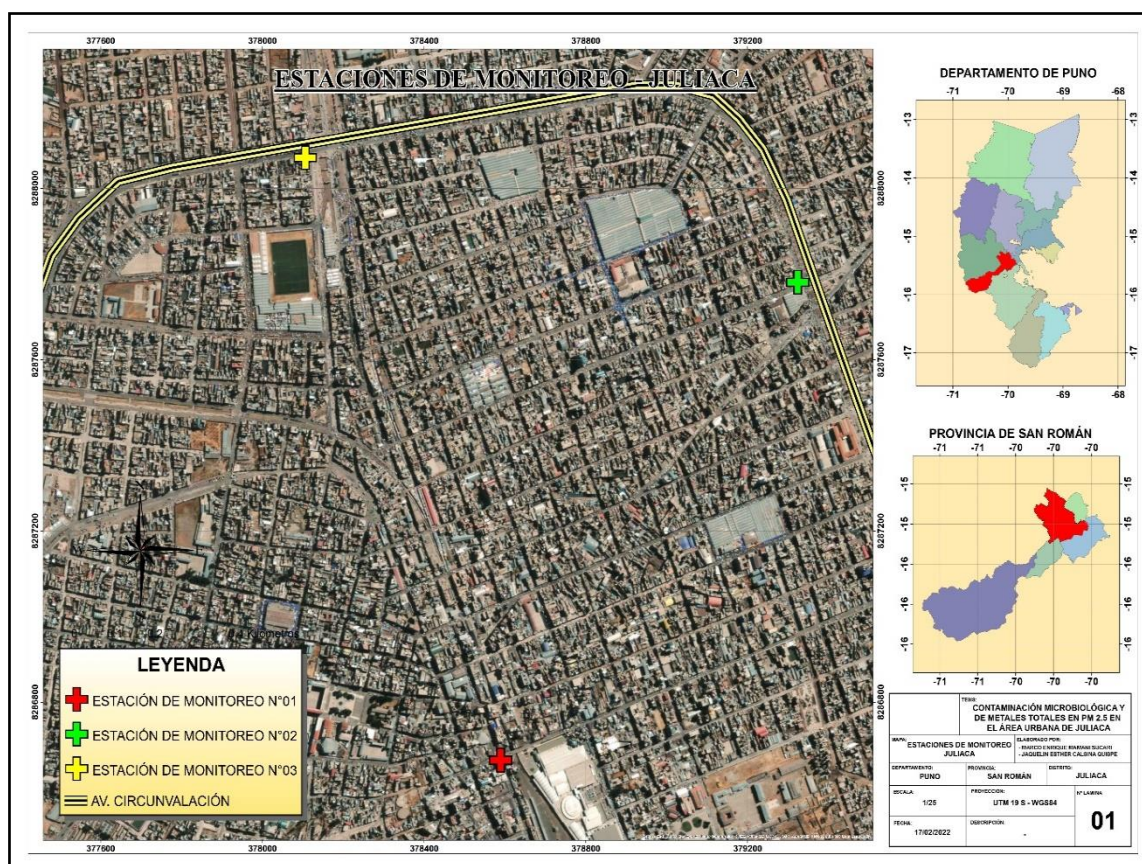


Figura 1. Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo en la ciudad de Juliaca.

### **3.2. Tipo de la investigación**

El tipo de investigación es transversal, puesto que en esta se recolectaron datos en un momento dado (Hernández et al., 2014), por ello se recopiló datos de la concentración de PM<sub>2.5</sub>, su composición biológica y química en época seca o de estiaje.

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es descriptivo el cual consiste en especificar propiedades y características importantes de un fenómeno que se analice (Baena, 2017), puesto que se describió la concentración de PM<sub>2.5</sub>, su composición biológica y química.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es no experimental transversal descriptivo, ya que en este tipo de diseño se indagó la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población (Hernández et al., 2014), por lo que en época seca o de estiaje se describió la concentración de PM<sub>2.5</sub>, su composición biológica y química, sin realizar modificación alguna.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población a investigar estuvo conformada por el PM<sub>2.5</sub> de la atmósfera del área urbana de la ciudad de Juliaca.

#### **3.5.2. Muestra y método de muestreo**

La muestra estuvo conformada por el PM<sub>2.5</sub> de la atmósfera de Juliaca y el método de muestreo fue probabilístico aleatorio simple, este garantiza que todos los individuos que componen la población tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra (Otzen & Manterola, 2017).

### **3.6. Materiales y equipos**

#### **3.6.1. Equipos de monitoreo para PM<sub>2.5</sub> y análisis de metales**

Para el monitoreo de PM<sub>2.5</sub>, se utilizó un muestreador de partículas de marca PARTISOL modelo 2000H (cuerpo, cabezal, accesorios, impactador y porta filtro), una estación meteorológica modelo Vantage Pro-2 de la marca Davis Instruments

Corporation, teléfono celular (Huawei P2019) y una balanza analítica Metler Toledo (RADWAG/XA 524Y.A).

### **3.6.2. Equipos para el análisis microbiológico**

Para la cuantificación de microorganismos se utilizó una autoclave (West Tune LDZF-50KB), horno (Bov-t70c), bomba de vacío de alta presión, agitador magnético (Intllab Ms-500 Magnetic), incubadora Raypa, teléfono celular (Huawei P2019), contador de colonias, microscopio electrónico (Leica DM500), balanza electrónica (Kern ABJ-NM/ABS-N), refrigeradora eléctrica doméstica (Samsung).

### **3.6.3. Materiales para monitoreo de PM<sub>2.5</sub>, análisis microbiológico y de metales**

Filtros de teflón de 47 mm de diámetro, una caja de herramientas (llaves, alicates, cinta aislante y multitester), extensiones eléctricas con cable vulcanizado, baterías y/o generador eléctrico, libreta de campo, pizarra acrílica portátil, rotulador, cintas de embalaje, placas petri, vasos de precipitado, espátulas, mecheros, jeringas de tuberculina, papel kraft y pabalo.

### **3.6.4. Reactivos para el análisis microbiológico**

Agar macconkey, sabouraud, chocolate, sangre, cetrimide, manitol salado, glicerol, azul de metileno, verde malaquita y safranina.

## **3.7. Procedimiento metodológico**

### **3.7.1. Puntos de monitoreo**

Se tomaron 9 muestras de PM<sub>2.5</sub> (6 muestras para determinar la concentración de PM<sub>2.5</sub> y de metales totales y 3 muestras para determinar los microorganismos) en 3 estaciones de monitoreo, como se muestra en la tabla 1.



**Tabla 1***Ubicación de las estaciones de monitoreo para PM<sub>2.5</sub>*

Estaciones de monitoreo	Código	Ubicación	Fecha de monitoreo
1	CM-1	Jr. San Martín con Jr. Mariano Nuñez	30/10/2021
	CM-2	Jr. San Martín con Jr. Mariano Nuñez	29/10/2021
2	CM-3	Av. Circunvalación Este con Jr. Cahuide	28/10/2021
	CM-4	Av. Circunvalación Este con Jr. Cahuide	27/10/2021
3	CM-5	Av. Circunvalación Oeste con Jr. Jorge Chávez	26/10/2021
	CM-6	Av. Circunvalación Oeste con Jr. Jorge Chávez	25/10/2021

Los criterios para establecer las estaciones de monitoreo fueron las siguientes:

- a. Primero:** Según las recomendaciones de la OMS (tabla 2), se establecieron 3 estaciones de monitoreo (Fernández, 2017; Vara, 2017; Tejada, 2018) dentro del área urbana de Juliaca, considerando que esta cuenta con una población de 235 110 habitantes (población urbana < 1 millón de habitantes).

**Tabla 2***Número de estaciones de monitoreo sugeridas por la OMS*

Población urbana (millones de personas)	Promedio de estaciones de muestreo de calidad del aire					
	Partículas	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Oxidantes	CO	Meteorológicos
< 1	2	2	1	1	1	1
1 - 4	5	5	2	2	2	2
4 - 8	8	8	4	3	4	2
> 8	10	10	5	4	5	3

*Nota.* Esta tabla muestra una sugerencia de puntos de monitoreo por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 1999).

- b. Segundo:** De acuerdo con el “apartado C” del “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire” (MINAM, 2019), la localización de las estaciones orientadas a la investigación académica se priorizó en función del riesgo en la salud de la población, respecto al estado de la calidad del aire. Este último se relacionó con la alta intensidad del tráfico vehicular, lo que implicaba las emisiones de metales y partículas atmosféricas, como es el caso del Jr. San Martín y Av. Circunvalación Este y Oeste (MPSR, 2017; Soto, 2017; Alexandrino et al., 2020), además la contaminación atmosférica tiene mayor incidencia en zonas comerciales como establecimientos de servicios y centros comerciales situadas en las ubicaciones ya mencionadas (MINAM, 2015; Aucapuri et al., 2018; Roy et al., 2020).
  
- c. Tercero:** Según MINAM (2019) se consideró una época del año por el tipo de orientación del monitoreo (investigación académica o prevención/evaluación de riesgos de la salud ambiental), a diferencia de los monitoreos orientados a actividades extractivas, productivas y de servicios se deben considerar como mínimo 2 estaciones del año. Se realizó el monitoreo puntual en época seca durante el mes de octubre del 2021, debido a que la concentración de material particulado incrementa en esta época, a razón de la predominancia del clima seco favoreciendo la resuspensión de partículas (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial [SMADT], 2019).
  
- d. Cuarto:** El protocolo nacional de monitoreo de la calidad del aire indica que el monitoreo orientado a la investigación académica o de prevención/evaluación de riesgos en salud ambiental, da la posibilidad de variar las frecuencias y periodos de monitoreo en función al diseño experimental de la investigación (MINAM, 2019).

### **3.6.1. Determinación de material particulado menor o igual 2.5 micras**

Se recolectó 6 filtros con muestras de PM<sub>2.5</sub> (CM-1, CM-2, CM-3, CM-4, CM-5 Y CM-6) en base a la norma internacional EPA CFR 40, Apéndice L de la Parte 50 del año 2014 (Tituaña, 2019; De la Cruz, 2021).

**a. Consideraciones previas (pre-muestro):** Se codificó y se realizó un pesado inicial de los filtros utilizados en el muestreo (extrayendo previamente la humedad del filtro) (Rubio, 2019), se verificó el estado físico, operatividad, flujo y calibración del equipo muestreador de partículas, se garantizó un flujo de 16.7 L/min, con una precisión de  $\pm 7\%$  y finalmente se aseguró que el suministro de energía eléctrica sea continuo las 24 horas de monitoreo (Reátegui, 2018).

**b. Procedimiento de muestreo:** Se reconoció el área de trabajo, georreferenciando los puntos de muestreo con una aplicación GPS (Fernández, 2017), los cuales fueron registrados en la cadena de custodia. El muestreador de partículas y la estación meteorológica se instalaron y se colocaron los filtros de teflón dentro del PARTISOL 2000H, el cual fue programado para un muestreo continuo de 24 horas, asegurando que el equipo tenga un flujo de 16.7 L/min (Pinto, 2018).

**c. Registro de cadena de custodia:** Se registró los datos de las estaciones de monitoreo en las cadenas de custodia, como es el código del filtro, tipo de muestra, descripción de los equipos usados, fecha y hora del monitoreo, coordenadas del punto de monitoreo, condiciones meteorológicas el volumen estándar (Barraza, 2017).

**d. Conservación, preservación y envío de las muestras** Los filtros con las muestras obtenidas se colocaron en el frasco original y se rotularon, estas muestras fueron trasladadas a un laboratorio para el análisis respectivo (Castelar, 2019).

**e. Análisis de muestras de PM<sub>2.5</sub>:** Según la EPA (2014), después de recuperar el filtro expuesto que contiene la muestra de PM<sub>2.5</sub> se acondicionó y se pesó dentro

de las 240 horas (10 días) después del período final de muestreo. El filtro se pesó inmediatamente después del acondicionamiento (extracción de humedad), siendo el peso posterior al muestreo el cual se registró con el código del filtro.

La concentración de PM<sub>2.5</sub> se calculó como se especifica en la siguiente ecuación:

$$PM_{2.5} = \frac{(W_f - W_i)}{V_a} \quad (I)$$

Donde:

PM<sub>2.5</sub>: Concentración másica de PM<sub>2.5</sub>, µg/m<sup>3</sup>.

W<sub>f</sub>, W<sub>i</sub>: Peso final e inicial, respectivamente, del filtro utilizado para recolectar la muestra de partículas PM<sub>2.5</sub>, µg.

V<sub>a</sub>: Volumen de aire total muestreado en unidades de volumen reales (m<sup>3</sup>).

### 3.6.2. Obtención de datos meteorológicos

En base a la norma internacional de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) D5741-96 (Pacsi & Llanos, 2017), se realizó el monitoreo meteorológico, utilizando un data logger-Vantage Pro2 de la estación meteorológica Davis (Akinwumi et al., 2018), el cual realizó el monitoreo de parámetros meteorológicos como es la presión atmosférica, humedad relativa, temperatura ambiental, precipitación, velocidad y dirección del viento (Fernández, 2017).

### 3.6.3. Análisis microbiológico de las muestras de PM<sub>2.5</sub>

#### a. Muestreo microbiológico

- **Procedimiento de muestreo:** Se instaló un muestreador de aire de bajo volumen considerando una altura mínima de 2.5 metros, para evitar la obstrucción de ingreso del flujo (Castillo, 2019), en las siguientes estaciones de monitoreo establecidas, salida Cusco (EM-3), salida Huancané (EM-2) y jirón San Martín (EM-1). Para colocar el filtro de teflón se procedió a limpiar y desinfectar el porta filtro para así evitar una posible contaminación en las muestras, finalmente se realizó la programación del tiempo de monitoreo el cual fue de 24 horas y asegurando un flujo constante de 16.7 L/min.

- **Conservación y transporte de las muestras:** Se retiró el filtro con el uso de guantes estériles, siendo almacenado dentro de un frasco y cooler esterilizado. El transporte de las muestras se realizó de manera inmediata, siendo llevadas a las instalaciones del laboratorio de biología general de la Universidad Nacional de Juliaca.

#### **b. Limpieza y desinfección**

- **Procedimiento de limpieza y desinfección:** Se realizó la limpieza y orden del ambiente de trabajo y los materiales, para una posterior desinfección, en el cual se utilizó alcohol de 95° e hipoclorito de sodio, además se hizo el lavado de las placas petri de 19 mL de capacidad, como también el lavado y secado de materiales de laboratorio.

#### **c. Preparación y conservación de medios de cultivo**

- **Medios de cultivo:** Se realizó la preparación de 6 medios de cultivos (agar macconkey, sabouraud, chocolate, sangre, cetrimide y manitol salado) debido a que estos permiten el desarrollo de microorganismos determinados e inhiben el desarrollo de otros microorganismos (Monge-Montero, 2017); para asegurar el óptimo desarrollo de los medios de cultivo se realizó una adecuada elección y uso de los métodos de esterilización y técnicas asépticas (Galán et al., 2018).
- **Cálculo de la concentración de medios de cultivo:** Se realizó el cálculo de las concentraciones según sus especificaciones técnicas de cada agar para posteriormente diluirlas en agua destilada.
- **Preparación de medios de cultivo:** Se mezcló agua destilada con los diferentes agares dentro de 6 matraces Erlenmeyer, se rotuló, se tapó los matraces con torundas y finalmente fueron cubiertas con papel kraft; estos medios de cultivos fueron llevados a la autoclave a 121 °C de temperatura.
- **Preparación de medio de cultivo agar sangre y chocolate:** El agar nutriente es el que dio origen a ambos medios de cultivos. Se utilizó dos

matraces que contenían la mezcla de agar nutriente con agua destilada. Para el agar sangre se añadió 15 mL de sangre a la mezcla, la cual estuvo a 90 °C; en cuanto al agar chocolate también se le añadió 15 mL de sangre, sin embargo, esta mezcla estuvo a 60 °C.

- **Esterilización de materiales:** En una autoclave de 50 L de capacidad se introdujo placas petri (90 unidades) y matraces Erlenmeyer (6 unidades) envueltos en papel kraft; considerando que la autoclave tiene que contener agua destilada (aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de la capacidad total del equipo) se programó a una temperatura de 121 °C por 15 minutos, se retiró los matraces y las placas petri a una superficie y área desinfectada.
- **Preservación de medios de cultivo:** Vertido los medios de cultivo, se procedió a preservar las muestras en una refrigeradora previamente limpiada con detergente y desinfectada con bicarbonato de sodio, los medios de cultivo estuvieron dentro a una temperatura de 5 °C.

#### d. Siembra de muestras microbiológicas

Las muestras biológicas fueron cultivadas dentro de los agares, para lo cual se siguió los siguientes procedimientos.

- **Preparación de materiales e instrumentos:** Los materiales e instrumentos (embudo de Büchner, pinzas, pipeta graduada, vasos de precipitado, matraz de Kitasato y barras magnéticas) fueron esterilizados en una autoclave a 121°C por 60 minutos.
- **Extracción de material microbiológico:** Se retiró el filtro con muestra de PM<sub>2.5</sub> del frasco esterilizado con una pinza y se colocó dentro del embudo boca abajo tal como lo realizó Castillo (2019), para la extracción del PM<sub>2.5</sub> adherido al filtro, se realizó la dilución con suero fisiológico (50 mL) mediante una bomba de vacío, finalmente se agitó a 180 revoluciones por minuto en un agitador magnético.

- **Siembra de la muestra en los medios de cultivos:** Se tomó 0.1 mL de la muestra diluida para sembrar en los medios de cultivo, con el asa bacteriológica se esparció mediante la técnica de estrías, se realizó la siembra en los 6 medios de cultivos con 5 repeticiones por cada agar y estación de muestreo, obteniendo un total de 90 muestras como se detalla en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Número de repeticiones de las muestras microbiológicas*

Filtro de PM <sub>2.5</sub>	Fecha de muestreo	Agar	Código	Número de repeticiones
Estación de monitoreo-1	30/10/2021	macconkey	AMC-1	5
		sangre	ASG-1	5
		sabouraud	ASB-1	5
		cetrimide	ACT-1	5
		chocolate	ACL-1	5
		manitol salado	AMS-1	5
Estación de monitoreo-2	28/10/2021	macconkey	AMC-2	5
		sangre	ASG-2	5
		sabouraud	ASB-2	5
		cetrimide	ACT-2	5
		chocolate	ACL-2	5
		manitol salado	AMS-2	5
Estación de monitoreo-3	26/10/2021	macconkey	AMC-3	5
		sangre	ASG-3	5
		sabouraud	ASB-3	5
		cetrimide	ACT-3	5
		chocolate	ACL-3	5
		manitol salado	AMS-3	5
Total de muestras				90

- **Incubación de las muestras:** Se llevó a una incubadora y se programó a temperatura ambiente (17 °C) (Castillo, 2019), la incubación se dio según el

medio de cultivo (agar macconkey, sangre y sabouraud en 3 días; agar cetrimide en 4 días; agar chocolate y manitol salado en 5 días) como detalla la tabla 4.

**Tabla 4**

*Número de días de incubación por cada medio de cultivo*

Medio de Cultivo	Días de incubación				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Agar macconkey			x		
Agar sangre			x		
Agar sabouraud			x		
Agar cetrimide				x	
Agar chocolate					x
Agar manitol salado					x

**e. Identificación de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC)**

La identificación de bacterias y hongos se realizó mediante pruebas de tinción gram y tinción simple respectivamente, donde se consideraron las características morfológicas (tamaño y forma) y características cualitativas (color, textura, olor) (Hernández, 2018; Lara & Torres, 2015).

- **Bacterias:** Se realizó la técnica de frotis, donde se extrajo una pequeña muestra de los cultivos y fue esparcida en una lámina de vidrio, se aplicó lugol sobre la muestra esparcida, de la misma manera se realizó con alcohol y safranina.



- **Hongos y levaduras:** Se aplicó la técnica de frotis a la muestra en el portaobjeto, se añadió verde malaquita, se lavó con agua desmineralizada, finalmente se secó la muestra y se observó en el microscopio.

#### **f. Conteo de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC)**

Para realizar el conteo se identificó inicialmente los microorganismos y mediante un contador de colonias electrónico se procede a contar cada UFC.

#### **3.6.4. Concentración de metales totales de las muestras de PM<sub>2.5</sub>**

Se recolectó 3 filtros con muestras de PM<sub>2.5</sub> (CM-2, CM-4 y CM-6) en base a la norma internacional EPA CFR 40, Apéndice L de la Parte 50 del año 2014 (Tituaña, 2019; De la Cruz, 2021).

- **Análisis de metales en PM<sub>2.5</sub>:** La determinación de metales totales en las 3 muestras de PM<sub>2.5</sub> recolectadas se realizó bajo la norma internacional EPA Compendium Method IO-3.4 1999 (Pinto, 2018). Según Fanego-Hernández & Carabeo-Peréz (2017) por medio de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) se halló de manera cuantitativa varios elementos químicos, partiendo de muestras en disolución acuosa. La muestra en forma líquida fue llevada por medio de una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador y se transformó en aerosol gracias a la acción de gas argón. Dicho aerosol fue conducido a la zona de ionización que consiste en un plasma generado al someter un flujo de gas argón a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. El método de análisis de metales se realizó por espectrofotometría de ICP-OES (Prieto, 2016).

#### **3.7. Análisis de los datos**

Se realizó un análisis exploratorio de los datos para obtener la estadística descriptiva, hallando el promedio, mínimo, máximo, desviación estándar y normalidad. Se analizó la correlación entre los factores meteorológicos y el PM<sub>2.5</sub>, el análisis de datos en general se ejecutó mediante el software R (Seares et al., 2021) para la prueba estadística y elaboración de gráficos. El uso de este programa estadístico tiene la ventaja de ser de un lenguaje de programación libre, de distribución gratuita y código abierto (Avello-Martínez & Seisdedo-Losa, 2017).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Concentración de PM<sub>2.5</sub> y factores meteorológicos.

##### 4.1.1. Concentración de PM<sub>2.5</sub>

**Tabla 5**

*Valores diarios de la concentración de PM<sub>2.5</sub> según su código de monitoreo*

Determinación de peso de filtros PM <sub>2.5</sub>	Unidad	Concentración de PM <sub>2.5</sub>					
		CM-1	CM-2	CM-3	CM-4	CM-5	CM-6
	μg/m <sup>3</sup>	48.34	43.87	54.62	52.95	58.56	49.26

El monitoreo fue puntual en época seca o de estiaje, la concentración de PM<sub>2.5</sub> establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Aire indica que no debe de superar 50 μg/m<sup>3</sup>, sin embargo, en el CM-3 y CM-4 (correspondiente a la Av. Circunvalación este y Jr. Cahuide, en el día 1 y 2) supera el Estándar establecido. También en el CM-5 (correspondiente a la Av. Circunvalación Oeste y Jr. Jorge Chávez, en el día 1) supera ampliamente con un valor de 58.56 μg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub>.

##### 4.1.2. Meteorología

**Tabla 6**

*Valores diarios promedio de factores meteorológicos según su estación*

Estación de monitoreo	Código de monitoreo	Factores meteorológicos		
		Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Humedad (%)
EM-1	CM-1	13.34	1.37	18.12
	CM-2	12.25	1.32	40.08

EM-2	CM-3	12.53	1.35	43.83
	CM-4	13.03	1.66	47.96
EM-3	CM-5	12.62	1.28	46.33
	CM-6	12.10	1.24	57.54

En la tabla 6, el valor promedio diario de velocidad del viento registra el valor más alto con 1.66 m/s en la EM-2, respecto a la temperatura el valor más alto se registró en la EM-1 obteniéndose un valor de 13.34 °C, en cuanto a la humedad, el valor más alto se registró en la EM-3 con 57.54 %. No se reportó algún factor que este fuera de los valores comunes respecto a la estación del año.

## 4.2. Determinación de la concentración de PM<sub>2.5</sub>

### 4.2.1. Análisis descriptivo de la concentración de PM<sub>2.5</sub>

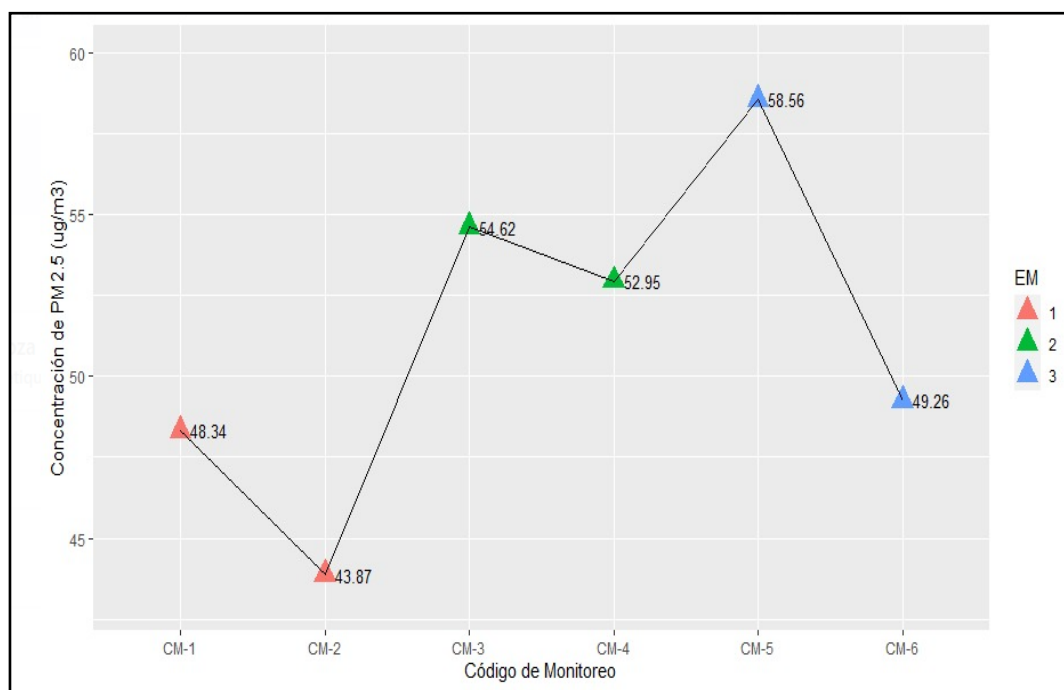


Figura 2. Concentración de PM<sub>2.5</sub> según código de monitoreo.

En la figura 2, la menor concentración de PM<sub>2.5</sub> en el aire es de 43.87 µg/m<sup>3</sup>, monitoreo realizado en la Av. Circunvalación Este con Jr. Cahuide (CM-2). La mayor concentración de PM<sub>2.5</sub> en el aire es 58.56 µg/m<sup>3</sup> en la Av. Circunvalación Oeste con Jr. Jorge Chávez (CM-5).

La concentración de  $PM_{2.5}$  en el Jr. San Martín con Jr. Mariano Nuñez, tuvo un valor máximo de  $48.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el CM-1 y un mínimo de  $43.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el CM-2; ambos valores no superan el ECA para aire ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) correspondiente al  $PM_{2.5}$ . La concentración de  $PM_{2.5}$  en el Jr. Cahuide con Av. Circunvalación tuvo como valor máximo  $54.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el CM-3 y un mínimo de  $52.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el CM-4; ambos superan el ECA para aire ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La concentración de  $PM_{2.5}$  en la Av. Circunvalación Oeste con Jr. Jorge Chávez obtuvo un valor máximo de  $58.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el CM-5 y un mínimo de  $49.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el CM-6; el primero superó ampliamente el ECA para aire y el segundo se encuentra cerca al valor permitido.

Según Huanca (2016) en la ciudad de Juliaca las estaciones con mayor valor de  $PM_{2.5}$  son la salida Arequipa con  $57.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la Circunvalación Este con  $54.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Plaza Bolognesi con  $54.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mientras que Arenas (2017) en la ciudad de Arequipa obtuvo concentraciones de  $PM_{2.5}$  de  $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $23.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $19.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , los cuales se encontraron debajo de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el cual es límite establecido en el ECA para aire. En tanto Cahuatico (2019) refiere que la presencia de  $PM_{2.5}$  en los distritos de la ciudad de Cusco es de  $73.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en Wánchaq,  $51.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para San Sebastián y  $137.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en San Jerónimo, según la normativa nacional vigente para  $PM_{2.5}$ , los 3 distritos evaluados superan los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , este estudio fue realizado en época seca o de estiaje. Asimismo, Trelles (2018) monitoreó y analizó en el mes de octubre la concentración de  $PM_{2.5}$ , en la estación de monitoreo CA-13 fue de  $1.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cuanto a la CA-18 se encontró  $28.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y finalmente en la CA-19 de  $25.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , debido al tránsito de maquina pesada y vehículos livianos.

Juliaca se encuentra dentro de las seis ciudades que exceden el ECA para aire a nivel nacional y está considerado dentro de la categoría “mala” (MINAM, 2016). De los 6 monitoreos, 3 sobrepasan el ECA para aire representando un riesgo para la población y el medio ambiente. La características de esta partícula es de fácil ingreso al organismo por las vías respiratorias, desplazándose a los pulmones y provocando enfermedades pulmonares (Thorne, 2019). También por la fuente del contaminante  $PM_{2.5}$  se debe principalmente a la pulverización de partículas por el tránsito de vehículos y factor meteorológico como la velocidad del viento que arrastra las partículas de vías no asfaltadas (Barnes & Connor, 2014).

## 4.2.2. Factores meteorológicos según el código de monitoreo

### a. Temperatura

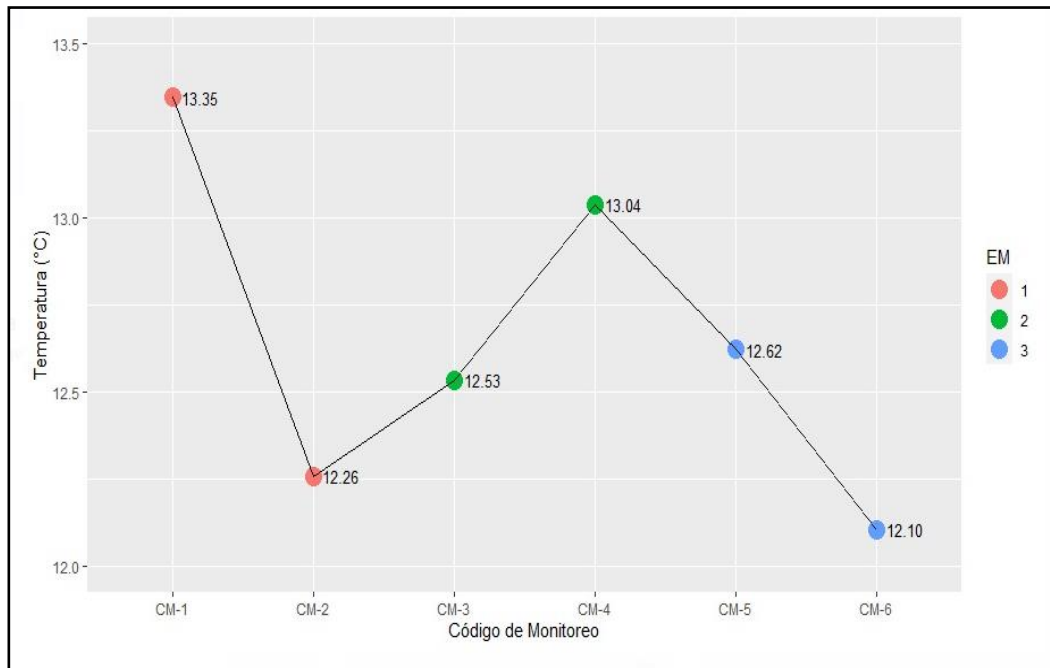


Figura 3. Temperatura promedio según código de monitoreo.

En la figura 3, la temperatura promedio más alta fue de 13.35 °C en el CM-1, la temperatura promedio más baja fue de 12.10 °C en el CM-6, la temperatura promedio de la ciudad Juliaca en época seca o de estiaje es de 13.5 °C (SENAMHI, 2021). Contrariamente Huanca (2016) menciona que la temperatura en la ciudad de Juliaca oscila entre los -7 °C a 19 °C, obteniendo anualmente una temperatura promedio de 8.4 °C; indica también que de noviembre a marzo son los meses más cálidos y siendo de junio a agosto los más fríos. Por otro lado, Mamani (2018) caracterizó las temperaturas mínimas, indicando que en Juliaca los meses anteriores a agosto son los meses que registra las temperaturas más bajas. Asimismo, Dionicio (2019), reportó en Juliaca valores promedios mensuales superiores a 8 °C, además registró valores más altos por encima de 11.42 °C; las temperaturas mínimas fueron superiores a 3 °C y las temperaturas máximas promedio alcanzaron 16.40 °C, respectivamente.

## b. Velocidad del viento

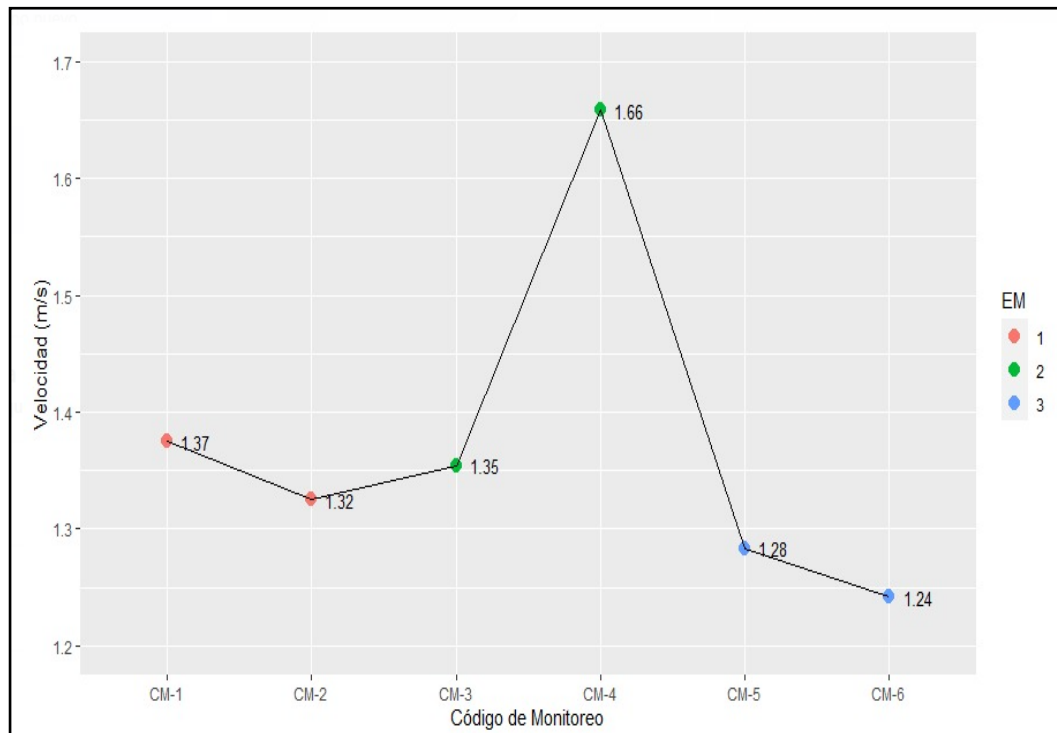


Figura 4. Velocidad del viento promedio según código de monitoreo.

En la Figura 4, la menor velocidad promedio es 1.24 m/s, el cual se encuentra en el CM-6. La velocidad promedio más alta es de 1.66 m/s en el CM-4 de la segunda estación. La velocidad del viento es un factor meteorológico que se ve afectado por la temperatura y la presión atmosférica (Condori & Herrera, 2019), los vientos en Juliaca son aleatorios y variables en cuanto a magnitud y dirección (Quiñonez et al., 2019). Además el estudio realizado por Huanca (2017) menciona que durante la mayoría de los meses de primavera y verano superan los 3 m/s a una altura de 25 m y que los dos últimos meses del año tienen un promedio de velocidad mensual correspondiente a 3.29 m/s, en el SENAMHI y la NASA se tiene un promedio anual de la velocidad del viento de 2.83 y 3.09 m/s correspondientemente. Por ende la velocidad del viento y la concentración del material particulado están relacionadas, puesto que a mayor velocidad del viento responde a una mayor dispersión del contaminante (directamente proporcional), sin embargo a menor velocidad de viento es mayor la concentración del material particulado (inversamente proporcional) (Camacho & Villegas, 2017).

### c. Humedad

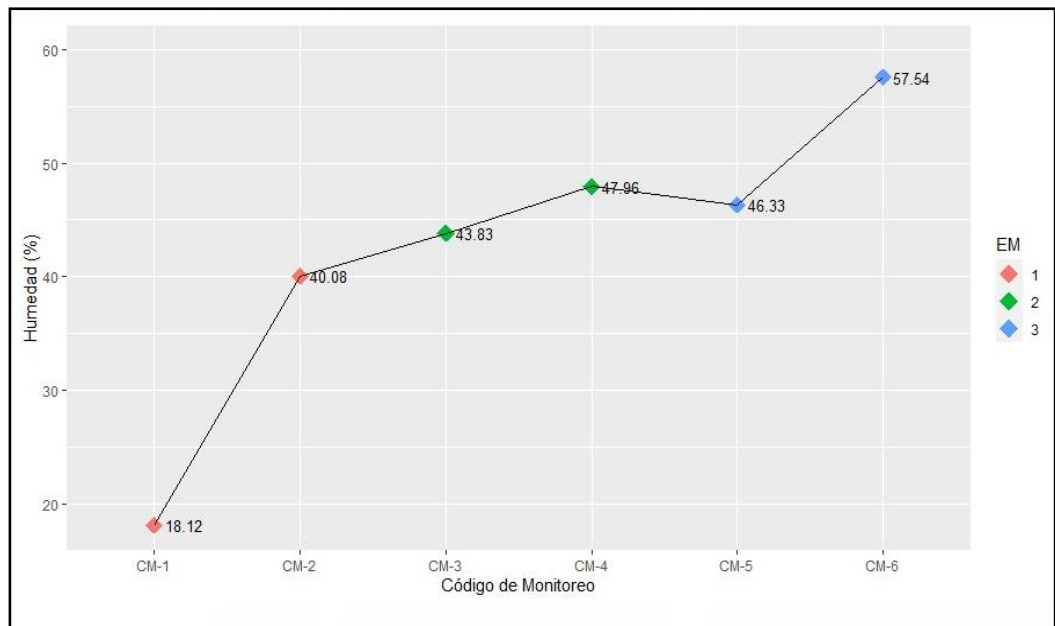


Figura 5. Humedad promedio según código de monitoreo.

En la figura 5, el promedio más alto de humedad es 57.54 % obtenido del CM-6, mientras que el menor promedio de humedad es 18.12 %, obtenido del CM-1, en la ciudad de Juliaca Hanco (2017) realizó un estudio de concentración de material particulado y factores meteorológicos, donde reportó valores de la humedad promedio correspondiente al mes de noviembre los cuales fueron 72.8 %, 80.8 %, 15.1 %, 78.5 %, 15.3 % y 80.80 %; si bien el monitoreo no lo realizó en el mismo mes que este estudio, podemos decir que los valores no son muy lejanos al estudio, de la misma manera Justo (2021) realizó un monitoreo de la humedad en la ciudad de Juliaca teniendo valores muy semejantes a Hanco, los valores reportados oscilan entre un mínimo de 65 % hasta un 84 % de humedad, es importante señalar que Justo (2021) realizó un monitoreo dentro de la ciudad de Juliaca, en un total de 9 estaciones de monitoreo.

### 4.2.3. Estadísticos descriptivos

**Tabla 7**

*Estadísticos descriptivos de los factores meteorológicos y PM<sub>2.5</sub> en el aire*

Descriptivos	Factores Meteorológica			PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	Velocidad (m/s)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Humedad (%)	
Mínimo	1.242	12.10	18.12	43.87
Primer cuartil	1.294	12.33	41.02	48.57
Mediana	1.340	12.58	45.08	51.10
Media	1.373	12.65	42.31	51.27
Tercer cuartil	1.370	12.93	47.55	54.20
Máximo	1.658	13.35	57.54	58.56
Desviación estándar	0.148	0.47	13.21	5.19

En la tabla 7, la concentración mínima promedio de PM<sub>2.5</sub> es 43.87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que el máximo es de 58.56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentración media de PM<sub>2.5</sub> es 51.27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el 25 % de los valores de la concentración de PM<sub>2.5</sub> son menores e iguales a 48.57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la dispersión de los valores observamos que el valor de la desviación estándar es pequeño, no se encuentran muy dispersos la concentración de PM<sub>2.5</sub>. Respecto a la temperatura promedio, se observa que la temperatura mínimo promedio es 12.10  $^{\circ}\text{C}$ , y la máxima es de 13.35  $^{\circ}\text{C}$ , también se tiene que la temperatura media es 12.65  $^{\circ}\text{C}$ , luego el 25 % de los valores de la temperatura promedio son menores e iguales a 12.33  $^{\circ}\text{C}$ . Respecto a la humedad promedio, se observa que la humedad mínimo promedio es 18.12 %, y la máxima es de 57.54 %, también se tiene que la humedad media es 42.31 %, el 25 % de los valores de la humedad promedio son menores e iguales a 41.02 %, en cuanto a la dispersión de los valores observamos el valor de la desviación estándar es mayor comparado a las otras, se encuentran un poco dispersos los datos de la humedad promedio. Respecto a la velocidad promedio, la velocidad mínimo promedio es 1.242 m/s, y la máxima es de 1.658 m/s, también se tiene que la velocidad media es 1.373 m/s, luego el 25 % de los valores de la velocidad promedio son menores e iguales a 1.294 m/s en cuanto a la dispersión de los valores observamos el valor de la desviación estándar.



#### 4.2.4. Correlación entre temperatura y concentración de PM<sub>2.5</sub>

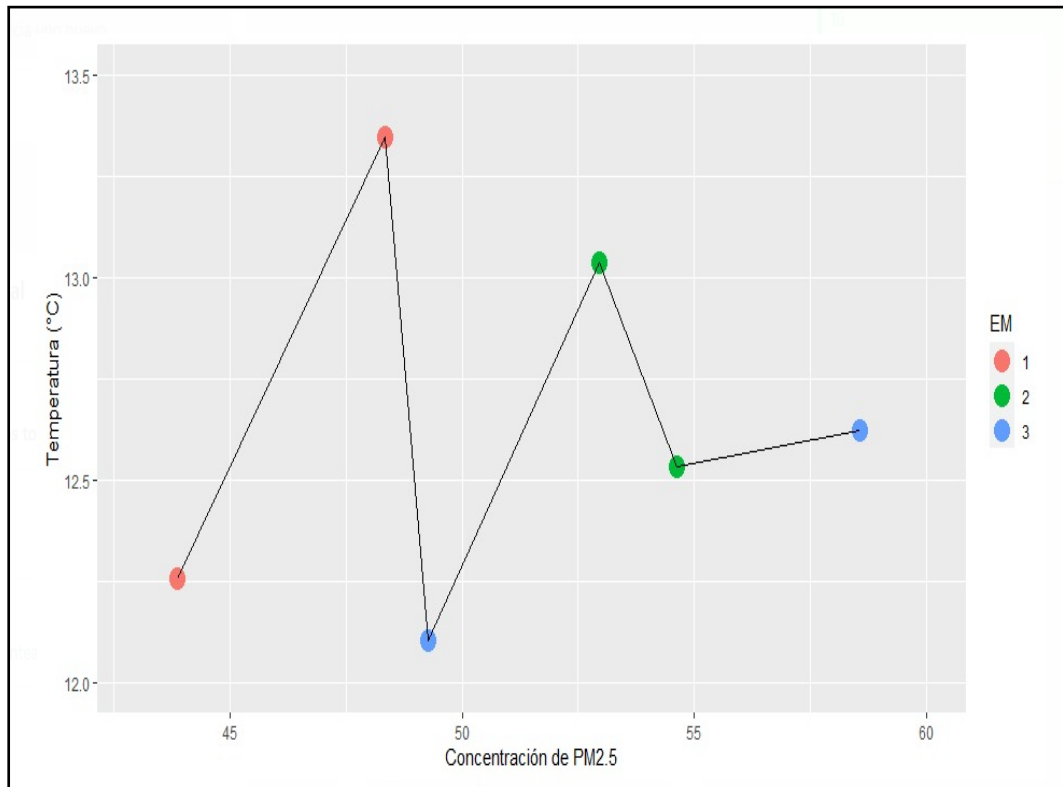


Figura 6. Concentración de PM<sub>2.5</sub> en el aire según temperatura.

De la figura 6, se observa que la mayor concentración de PM<sub>2.5</sub> en el aire fue registrada en la tercera estación de monitoreo, a una temperatura promedio que varía entre 12.5 °C y 12.75 °C aproximadamente. No obstante, la relación entre la temperatura promedio y la concentración de PM<sub>2.5</sub> no es muy notorio. Un estudio similar realizado por Acosta et al. (2019) hace referencia de que la relación del material particulado respecto a la temperatura no tiene una relación directa, sin embargo, en investigaciones de otros países, las concentraciones llegan a tener un comportamiento distinto, se encontró que al incrementar la temperatura, también incrementaba la concentración de material particulado. Por otro lado Moreno et al. (2020) menciona que la altitud de la capa de mezcla atmosférica es dependiente de la temperatura, si tomamos a la temperatura como parámetro y como una única referencia se llega en una causalidad de signo contrapuesto, concluye que a mayor incremento de temperatura se indica la mayor actividad fotoquímica generadora de material particulado y sus precursores; en tanto Armenta et al. (2020) en su estudio infiere que; si bien no se puede llegar concluir que haya una conexión especial entre la temperatura y el material particulado, se llega analizar que durante los meses en

donde hay cambios bruscos de temperatura se presenta cambios en el comportamiento de la concentración de  $PM_{2.5}$ , en relación a lo anterior Buitrago & Tejeiro (2019) observan que la concentración del material particulado también disminuye de acuerdo al coeficiente de correlación. Finalmente, Armenta et al. (2020) concluye que el material particulado y la temperatura no existe una influencia elocuente, puesto que es demasiado bajo el grado de correlación.

#### 4.2.5. Correlación entre velocidad del viento y concentración de $PM_{2.5}$

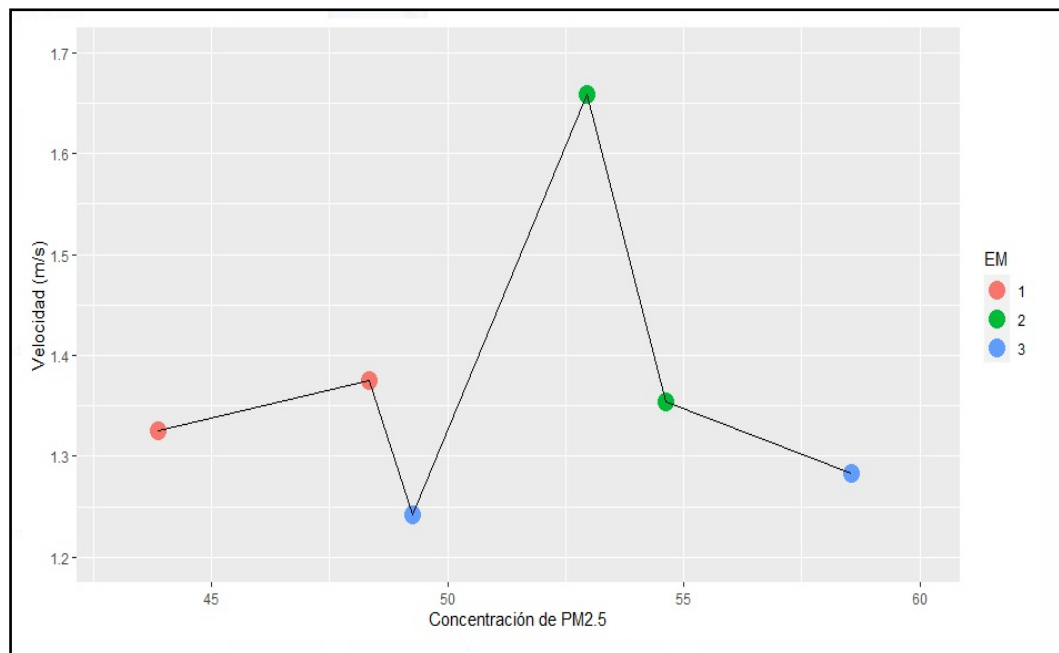


Figura 7. Concentración de  $PM_{2.5}$  según velocidad del viento.

De la figura 7, se contempla que la mayor concentración promedio de  $PM_{2.5}$ , fue registrada en la tercera estación de monitoreo, a cierta velocidad promedio que varía entre 1.2 m/s y 1.3 m/s aproximadamente. No obstante, la relación entre la velocidad promedio del viento y la concentración promedio de  $PM_{2.5}$  no es muy distinguible. Es importante recalcar lo que menciona Torres (2018) y Wang et al. (2019), la concentración, transformación, dispersión y eliminación son factores que determinan la dispersión del material particulado en la atmosfera, la dirección del viento y la velocidad señalan las largas distancia de trayecto y su formación durante el traslado del material particulado. Mientras que Caballero & Valencia (2018) aportan que la dirección y velocidad del viento afectan la concentración de material particulado y que este puede cambiar radicalmente, teniendo una incertidumbre

como resultado; en tal sentido Flores et al. (2010) hace referencia que el material particulado puede llegar a estar suspendido en la troposfera durante semanas y luego estas pueden llegar a ser transportadas a distancias largas.

#### 4.2.6. Correlación entre humedad y concentración de PM<sub>2.5</sub>

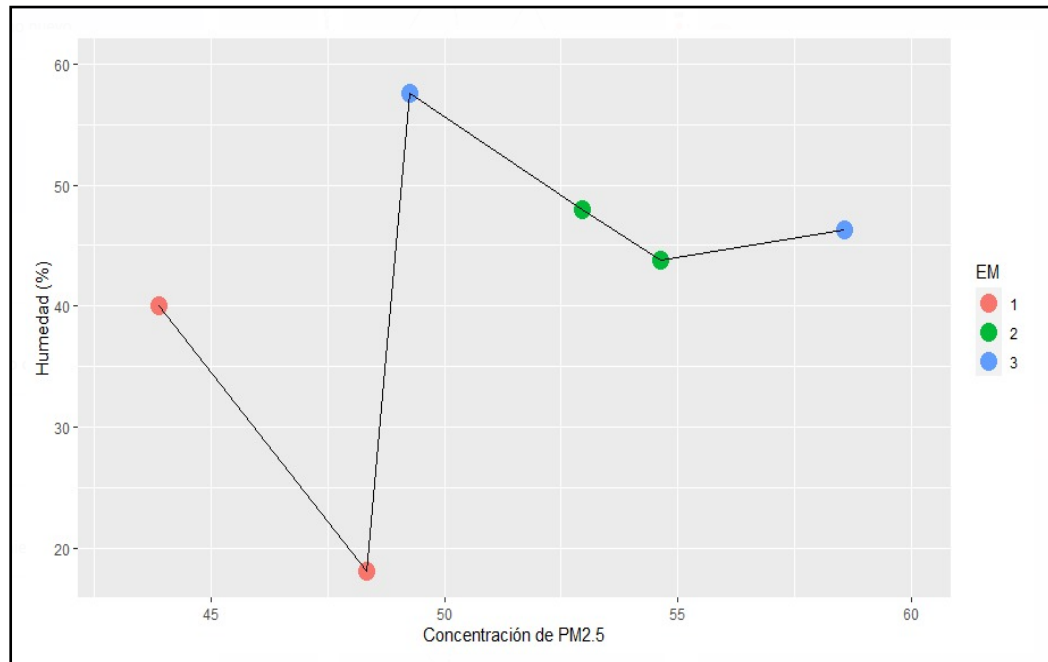


Figura 8. Concentración de PM<sub>2.5</sub> según la humedad.

De la figura 8, la mayor concentración de PM<sub>2.5</sub>, fue registrada en la tercera estación de monitoreo, a cierta humedad promedio que varía entre 45 % y 50 % aproximadamente. También, la relación entre la humedad promedio y la concentración de PM<sub>2.5</sub> no es muy clara; según Sánchez & Bautista (2019) menciona la relación existente entre el PM<sub>2.5</sub> y la humedad relativa durante los seis días de monitoreo en la ciudad de Juliaca fue de -0.143 lo que significa que una correlación negativa baja o casi nula. Según aportaciones científicas de Cruz et al. (2017) y Montocache (2019) también mencionan que la humedad relativa y la concentración de PM<sub>2.5</sub> están relacionadas de manera inversa puesto que en los meses de mayor humedad fueron donde se evaluó poca concentración de PM<sub>2.5</sub>, en tanto Lara (2018) en su estudio también concuerda con los sustentos anteriores haciendo mención que con la humedad es donde los contaminantes fueron lavados en la atmósfera y a consecuencia de ello se tuvieron bajas concentraciones de PM<sub>2.5</sub>; de lo contrario la vida media del PM<sub>2.5</sub> llegaría a varios días e incluso semanas, y estos llegarían a ser transportados largas distancias o llegar establecerse en la atmósfera; además Dextre

(2016) muestra en su investigación que los resultados de la relación entre  $PM_{2.5}$  con la humedad relativa se obtuvo por las noches la relación fue directa y por la mañana una relación inversa. Por último, Moreno et al. (2020) hace referencia que el incremento higroscópico de los aerosoles se da a causa de la humedad, puesto que a menor cantidad de humedad mayor es la concentración de aerosoles en la atmósfera y partículas.

#### 4.2.7. Matriz de correlaciones

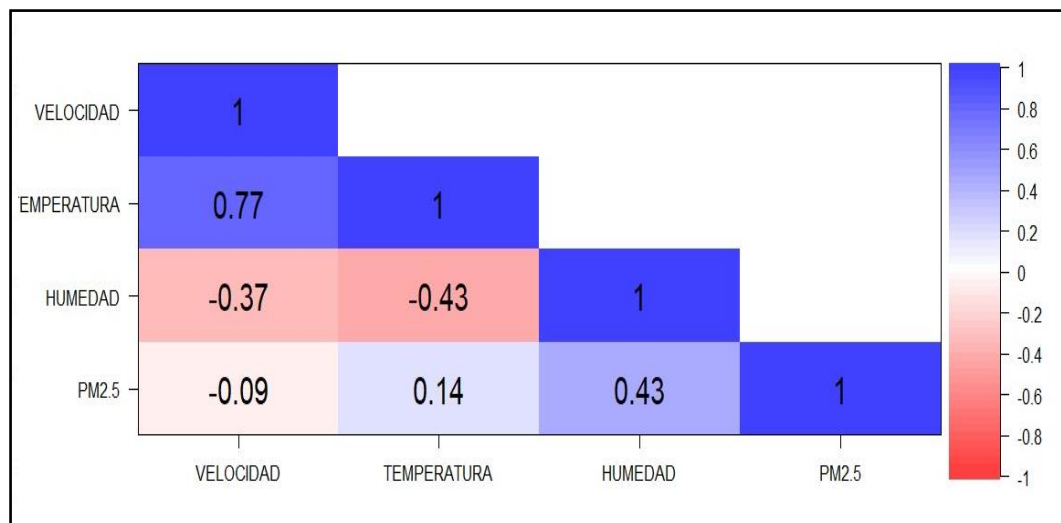


Figura 9. Correlaciones de los factores meteorológicos y  $PM_{2.5}$ .

De la figura 9, se observa la matriz de correlaciones de los factores meteorológicos con la concentración promedio de  $PM_{2.5}$  en el aire, tenemos que la concentración promedio de  $PM_{2.5}$  en el aire con la velocidad de viento promedio tienen una muy baja correlación negativa, cuyo valor es  $r_{h0} = -0.09$ . Luego tenemos que la concentración promedio de  $PM_{2.5}$  en el aire con la temperatura promedio tienen una baja correlación positiva, cuyo valor es  $r_{h0} = 0.14$ . Asimismo, tenemos que la concentración promedio de  $PM_{2.5}$  en el aire con el porcentaje promedio de humedad tienen una correlación regular, cuyo valor es  $r_{h0} = 0.43$ . Existe entre muy baja, baja y/o regular correlación a nivel de muestra, a nivel poblacional que podemos inferir de acuerdo a la muestra, estableciendo un nivel de significancia del 5 % confirmando lo visto en la matriz de correlaciones. Según menciona Moreno et al. (2020) los factores meteorológicos influyen cuando la temperatura aumenta, también incrementa la concentración de  $PM_{2.5}$ , si tenemos solo a la temperatura como único

parámetro se llega a una causalidad de signo contrapuesto, es decir que a mayor aumento de temperatura, mayor será la actividad fotoquímica generadora de  $PM_{2.5}$ . Es necesario señalar que durante los meses en donde hay cambios bruscos de temperatura se presenta cambios en el comportamiento de la concentración de  $PM_{2.5}$  (Armenta et al., 2020). Es importante precisar que Lara (2018) sostiene que la humedad y la concentración de  $PM_{2.5}$  tienen una relación inversa, ya que a mayor cantidad humedad es donde existe poca concentración de  $PM_{2.5}$ , cuando la humedad tiene valores altos es donde los contaminantes son lavados en la atmósfera teniendo como consecuencia bajas concentraciones de  $PM_{2.5}$ . Por ende, a menor cantidad de humedad mayor sería la concentración de aerosoles en la atmósfera y partículas (Moreno et al., 2020). Finalmente, la influencia de la velocidad del viento afecta la concentración de  $PM_{2.5}$  y puede cambiar radicalmente su interpretación debido a que, si la velocidad del viento es alta, la concentración de  $PM_{2.5}$  disminuirá (Caballero & Valencia, 2018); el material particulado puede llegar a estar suspendido en la troposfera durante semanas y ser transportadas a distancias largas (Flores et al., 2010).

### 4.3. Microorganismos en PM<sub>2.5</sub>

#### 4.3.1. Microorganismos según estación de monitoreo

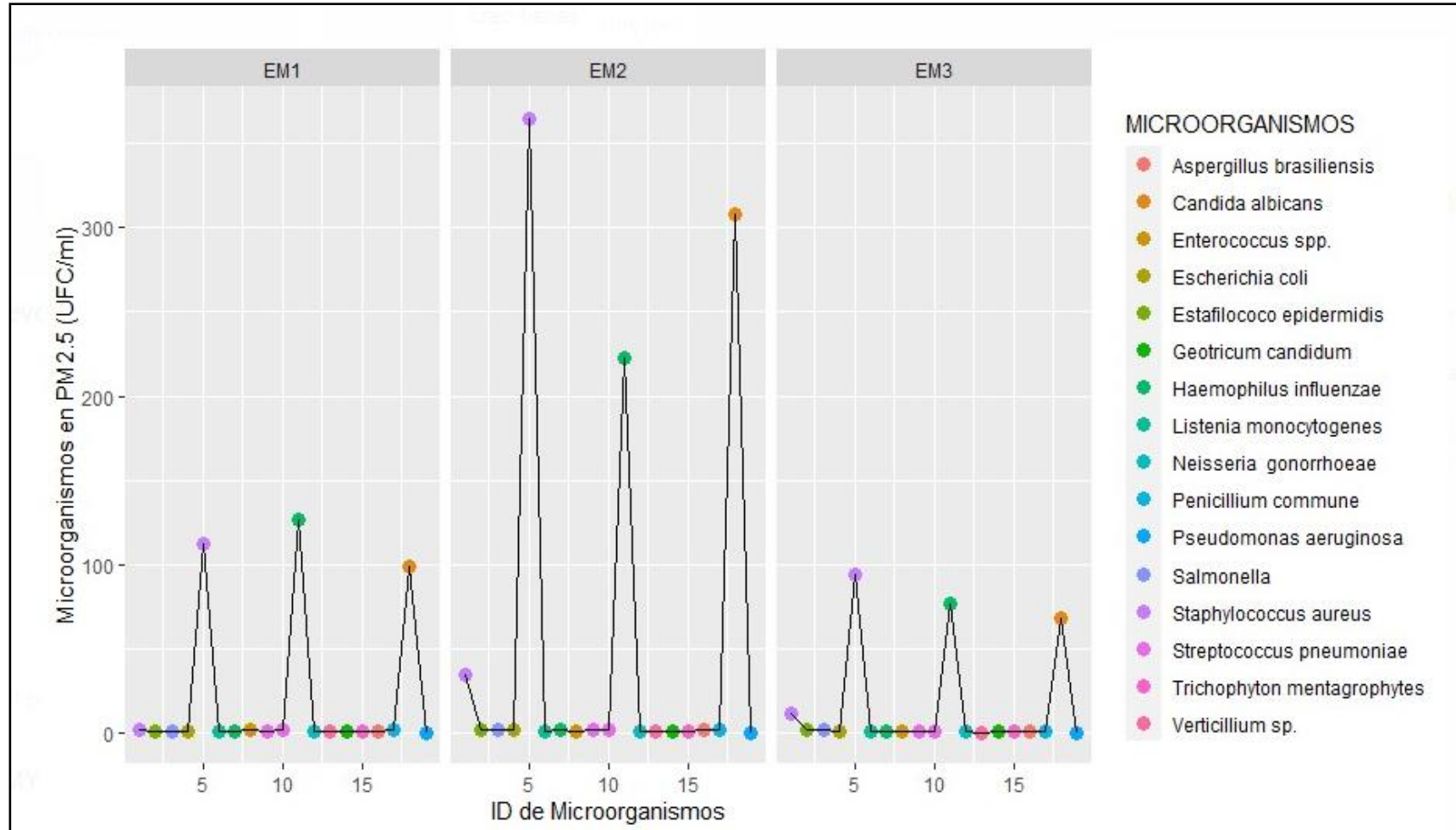


Figura 10. Correlación entre microorganismos y PM<sub>2.5</sub>.

En la figura 10 se observa los microorganismos hallados en el PM<sub>2.5</sub>. En la EM-1 se encontraron bacterias y hongos, las más representativas son: La bacteria *Haemophilus influenzae* que presenta 126 UFC/mL, la bacteria *Staphylococcus aureus* quien presenta 112 UFC/mL y el hongo *Candida albicans* que representa con un 98 UFC/mL. En la EM-2 se encontraron bacterias y hongos, las más representativas fueron: *Staphylococcus aureus* presenta 365 UFC/mL, el hongo *Candida albicans* presenta 307 UFC/mL y la bacteria *Haemophilus influenzae* representa 223 UFC/mL. Finalmente, en la EM-3 se encontraron bacterias y hongos, las más representativas son: La bacteria *Staphylococcus aureus* presenta 94.90 UFC/mL, la *Haemophilus influenzae* presenta 76 UFC/mL y el hongo *Candida albicans* representa 67 UFC/mL.

De las 3 estaciones monitoreo se demuestra que EM-2 presenta mayor cantidad de UFC/mL de microorganismos, superando ampliamente a la primera y tercera estación de monitoreo. Además el modo de transmisión de estos microorganismos se da vía aérea debido a la emisión de partículas líquidas al momento de hablar o estornudar (Larry, 2021), en tal sentido, De la Rosa (2002) infiere que los microorganismos se transmiten por las secreciones de la garganta y la nariz, son diseminados por la tos y los estornudos, el tamaño de las partículas tiene gran relevancia, las de menor diámetro penetran mejor al sistema respiratorio y las de mayor diámetro tienen mayor supervivencia en el ambiente. Se repitieron 3 microorganismos en las tres estaciones, el primero fue *Haemophilus influenzae*, para Stanford (2013) atribuye que este microorganismo ocasiona infecciones en su mayoría en niños, llegando a desarrollarse dentro del tracto respiratorio superior y por lo general estos se transmiten mediante el contacto con una persona ya infectada, puesto que pueden ser inhaladas, cuando una persona infectada expulsa partículas al aire, provocándole así una infección. En cuanto al *Staphylococcus aureus* este se transmite básicamente mediante la ingesta de comida contaminada con esta bacteria (INSST, s. f.) también se llega a transmitir a través del estornudo de un individuo, el cual llega a esparcirse en el aire, generando así infecciones internas como en los pulmones (neumonía) y externas como a la piel (Larry, 2019). Finalmente tenemos a *Candida albicans* el cual tiene la capacidad de ocasionar infecciones pulmonares e intestinales especialmente en pacientes inmunocomprometidos, niños y en

ancianos, además de que este hongo puede colonizar de manera fácil el tracto intestinal (Serrano et al., 2010; Vircell, 2018).

#### 4.3.2. Microorganismos según medio de cultivo

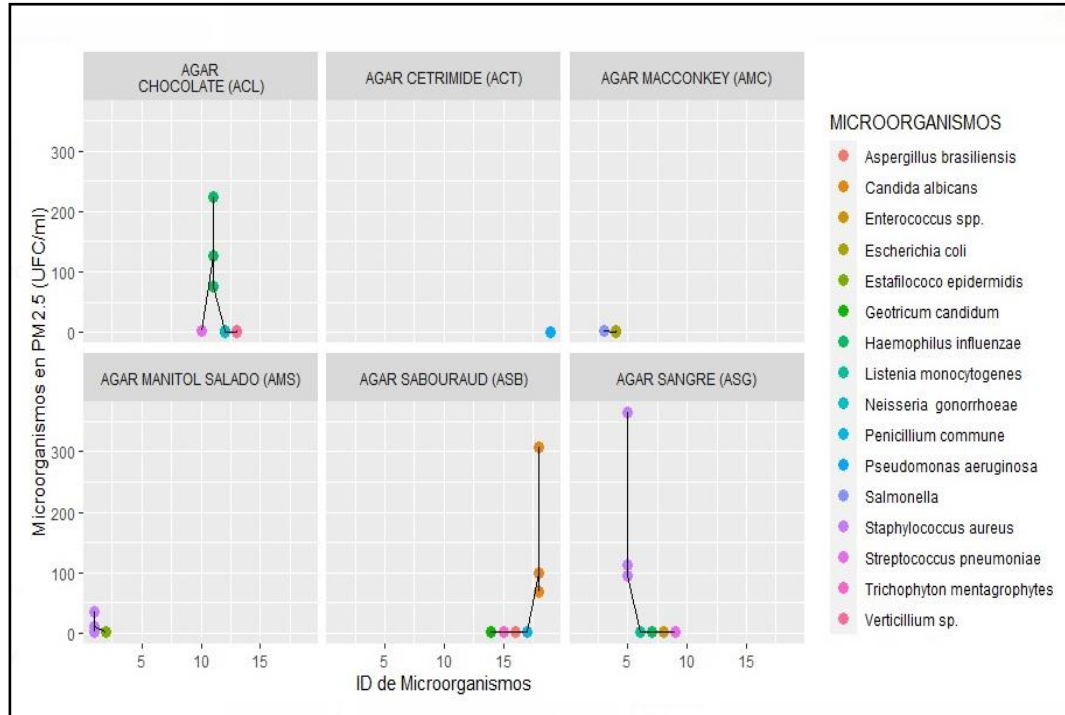


Figura 11. Microorganismos en PM<sub>2.5</sub> según el medio de cultivo.

En la figura 11, para el medio de cultivo agar chocolate el microorganismo que presenta mayores niveles de UFC/mL es *Haemophilus influenzae*. Luego para los microorganismos que fueron sometidos a los medios de cultivo agar cetrimide y agar macconkey, no hay diferencias resaltantes en los niveles de UFC/mL. Por otro lado, los microorganismos que fueron cultivados en agar manitol salado es el *Staphylococcus aureus* con mayores niveles de UFC/mL comparado con los otros microorganismos sometidos a dicho medio de cultivo. En el medio de cultivo agar sabouraud, presenta mayor nivel de UFC/mL el microorganismo *Candida albicans*, comparado a los demás microorganismos de dicho cultivo. Por último, los microorganismos en el medio de cultivo agar sangre, que presenta mayores niveles de UFC/mL es la bacteria *Staphylococcus aureus*.

Los estudios in vivo e in vitro han demostrado que la exposición a PM<sub>2.5</sub> es beneficiosa para la adhesión, colonización y crecimiento de microorganismos (Yang et al., 2020). El material particulado producto de la contaminación atmosférica,



podría ser un ambiente más hostil, disminuyendo la microbiota debido a la presencia de compuestos químicos presentes en la fracción particulada, en este entender, los microorganismos encontrados en material particulado fueron en total 16, de los cuales solo 3 son los más representativos que se encuentran en 4 medios de cultivo distintos: *Staphylococcus aureus* en agar sangre y manitol salado, *Haemophilus influenzae* en agar chocolate y finalmente *Candida Albicans* en agar sabouraud.

El *Staphylococcus aureus* es una bacteria grampositiva (Fox et al., 2022; Leung, 2014), los cuales se colonizan generalmente en humanos (García-Hidalgo, 2022), es la especie más patógena de este género (Morente et al., 2016), suele estar presente en piel y la nariz, llega propagarse entre las personas a través de objetos contaminados o por la inhalación de partículas esparcidas al momento de toser o estornudar (Larry, 2021). En cuanto a *Candida albicans* es un microorganismo fúngico que causa infecciones en la dermis o mucosas (Dowd, 2014). Se sabe que ocasiona cerca de 150 millones de infecciones mucosas y 200 mil muertes al año a consecuencia de una afección invasiva y esparcida en grupos susceptibles (Richardson, 2022). Finalmente el *Haemophilus influenzae*, es una bacteria gramnegativo (Steinhoff et al., 2011; Szymczak et al., 2015), suele encontrarse en el tracto respiratorio superior y se transmite por contacto directo con un individuo contaminado mediante la expulsión de partículas en el aire al momento de estornudar (Knoop, 2007), teniendo como consecuencias la meningitis como enfermedad infecciosa más grave de las diferentes enfermedades que puede llegar a causar (Yeh, 2012).

Según el estudio de Blanco (2006), realizó una caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo en la salud e indica que en total se identificaron 42 microorganismos de los cuales un 77 % de las muestras se encuentran los bacilos gramnegativo, en este caso la *Pseudomona sp.* y con un 59 % los cocos grampositivos específicamente haciendo mención al *Staphylococcus aureus*; de la misma forma Karimi et al. (2020) buscaba la asociación de bacterias al PM<sub>2.5</sub> en el aire ambiental, menciona que la recolección de muestras de PM<sub>2.5</sub> y bacterias en el aire se utilizaron filtros de cuarzo, en tanto 64,83 µg/m<sup>3</sup> y 38 UFC/m<sup>3</sup> fueron las concentraciones promedio respectivamente y que los resultados no muestran una correlación importante ( $p < 0.05$ ) en la concentración

de PM<sub>2.5</sub> y las bacterias.

Por consiguiente Barahona (2010) y Castillo (2019) identificaron el crecimiento de la bacteria *Haemophilus influenzae* en el cultivo selectivo de chocolate y *Staphylococcus aureus* en agar sangre y manitol salado todas estas en muestras de material particulado, considerados por ser los responsables de varias enfermedades respiratorias crónicas presentes con mayor frecuencia en niños. En la cuantificación de UFC en el medio de cultivo sabouraud, el microorganismo más significativo fue el hongo *Candida albicans*. Este resultado se contrasta con el estudio realizado por Advíncula (2021) quien identificó el género fungi encontrados en el aire del distrito de Castillo Grande, registrando como valores máximos el punto 1, 3 y 7 en este último se identificó al género *Candida*, responsable la patogenicidad de candidiasis, indicando que existe una contaminación microbiológica del aire en el distrito de Castillo Grande. De la misma manera, Leoncio (2019) menciona que en partículas atmosféricas sedimentables en las áreas verdes de Tingo María, identificó 14 géneros de microorganismos considerando al hongo patógeno *Candida albicans* oportunista si hay personas inmunocomprometidas.

### 4.3.3. Microorganismos en PM<sub>2.5</sub> según medio de cultivo, en la EM-1

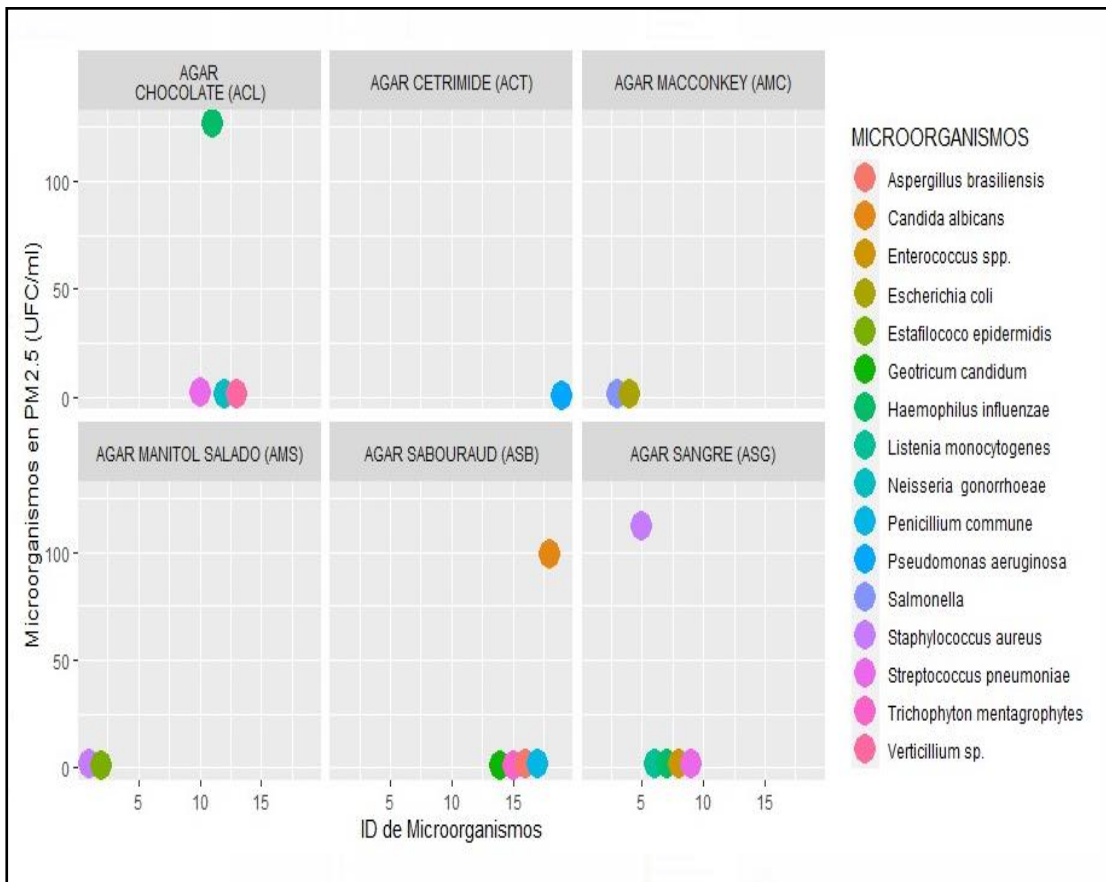


Figura 12. Microorganismos en PM<sub>2.5</sub> en la EM-1, según medio de cultivo.

En la figura 12, se observa los microorganismos en PM<sub>2.5</sub>, según el medio de cultivo en la EM-1, se tiene que para el medio de cultivo agar chocolate el microorganismo que presenta mayores niveles de UFC/mL es *Haemophilus influenzae*. Luego para los microorganismos que fueron sometidos a los medios de cultivo agar cetrimide, agar macconkey, agar manitol salado de acuerdo a la figura 12, no hay diferencias resaltantes en los niveles de UFC/mL, entre dichos microorganismos. El medio de cultivo agar sabouraud, presenta mayor nivel de UFC/mL, el microorganismo, *Candida albicans*, comparado a los demás microorganismos de dicho cultivo. Por último, los microorganismos que fueron puesto en el medio de cultivo agar sangre, que presenta mayores niveles de UFC/mL es el *Staphylococcus aureus*.

#### 4.3.4. Microorganismos en PM<sub>2.5</sub> según medio de cultivo, en la EM-2

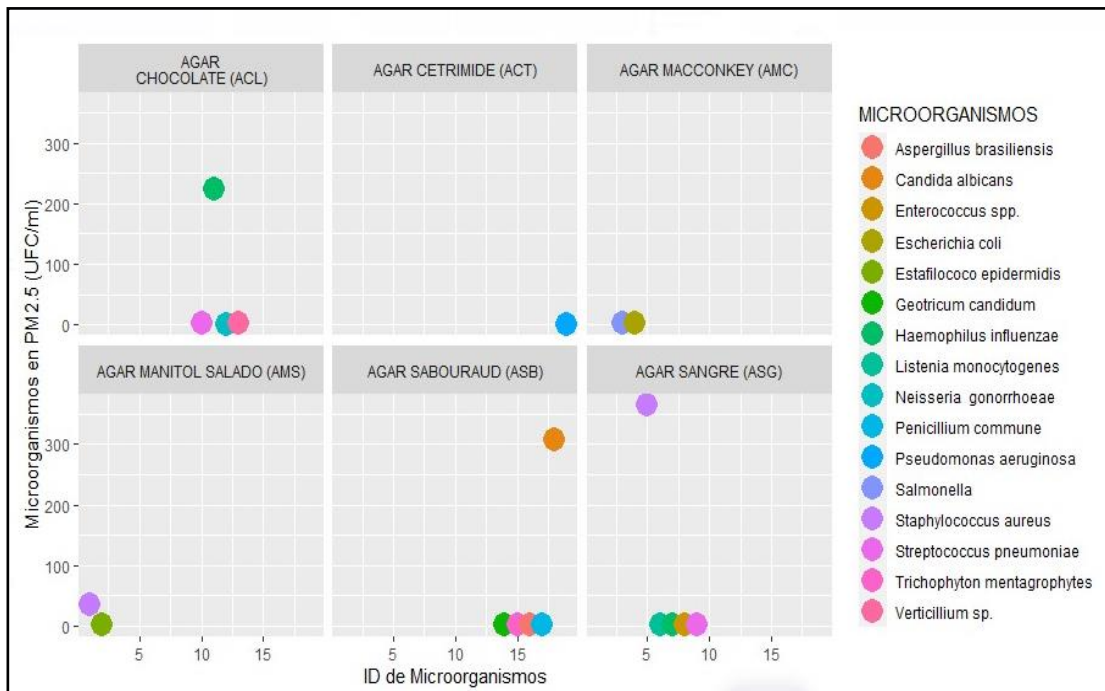


Figura 13. Microorganismo en PM<sub>2.5</sub> en la EM-2, según el medio de cultivo.

De la figura 13, se observa los microorganismos en PM<sub>2.5</sub>, según el medio de cultivo para la EM-2, en el medio de cultivo agar chocolate el microorganismo que presenta mayores niveles de UFC/mL es *Haemophilus influenzae*. No hay diferencias resaltantes en los niveles de UFC/mL en los microorganismos que fueron sometidos a los medios de cultivo agar cetrimide y agar macconkey. Los microorganismos que fueron doblados al medio de cultivo agar manitol salado sobresalen *Staphylococcus aureus* con mayores niveles de UFC/mL comparado con los otros microorganismos sometidos a dicho medio de cultivo. También tenemos que para el medio de cultivo agar sabouraud, presenta mayor nivel de UFC/mL el microorganismo, *Candida albicans*, en comparación a los demás microorganismos de dicho cultivo. Por último, los microorganismos que fueron puestos en el medio de cultivo agar sangre, que presenta mayores niveles de UFC/mL es el *Staphylococcus aureus*.

#### 4.3.5. Microorganismos en PM<sub>2.5</sub> según medio de cultivo, en EM-3

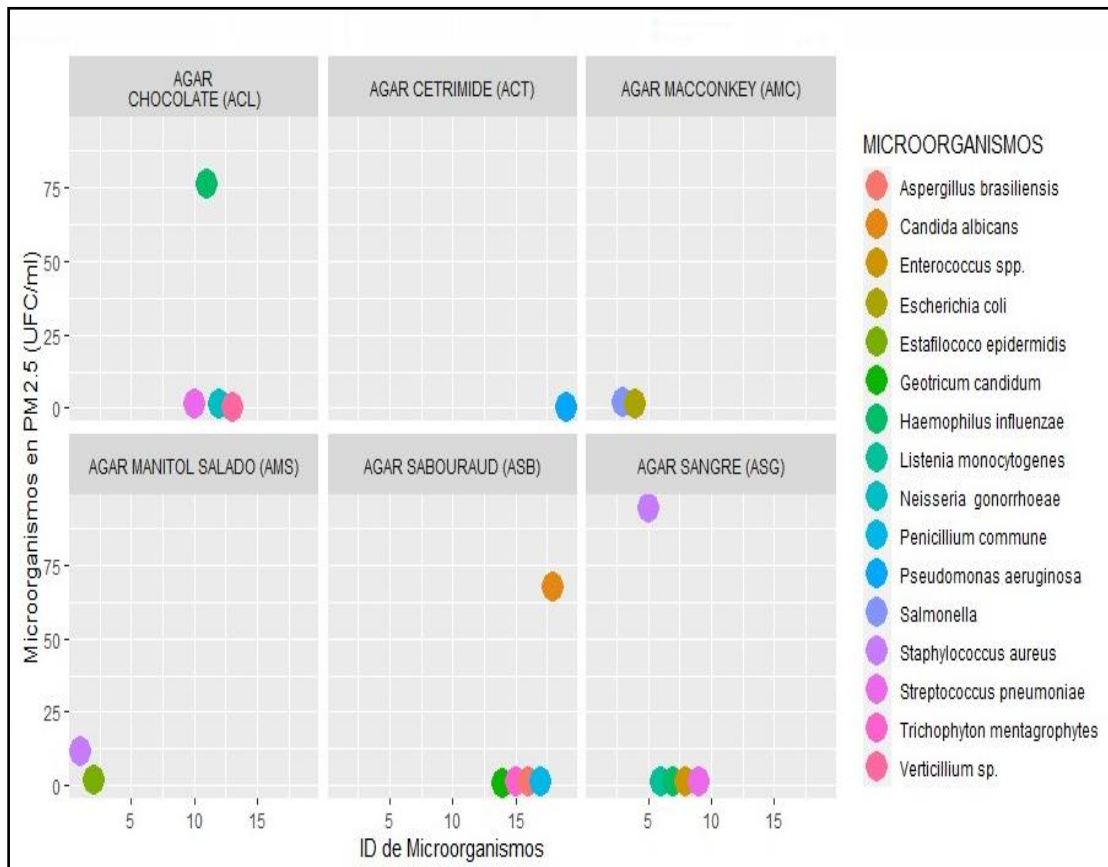


Figura 14. Microorganismos en PM<sub>2.5</sub> en la EM-3, según medio de cultivo.

En la figura 14 se observa los microorganismos en PM<sub>2.5</sub> según el medio de cultivo para la EM-3, de esta manera se tiene que para el medio de cultivo agar chocolate el microorganismo con mayor nivel de UFC/mL es *Haemophilus influenzae*. Para el medio de cultivo agar cetrimide, agar macconkey y manitol salado no hay diferencias significativas en los niveles de UFC/mL. El medio de cultivo agar sabouraud, presenta mayor nivel de UFC/mL del microorganismo *Candida albicans*. Por último, los microorganismos que fueron cultivados en agar sangre presentan mayores niveles de UFC/mL es el *Staphylococcus aureus*.

#### 4.3.6. Bacterias en PM<sub>2.5</sub> según factores meteorológicos.

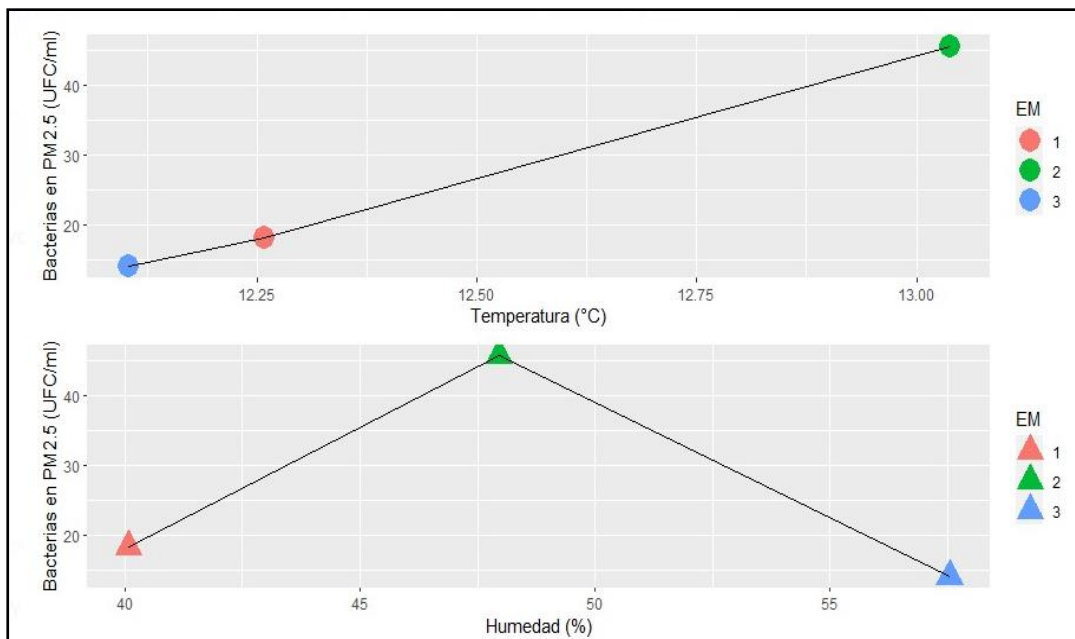


Figura 15. Bacterias en PM<sub>2.5</sub> según factores meteorológicos por estación de monitoreo.

De la figura 15, la mayor concentración de bacterias en PM<sub>2.5</sub> (UFC/mL), corresponde la mayor temperatura, esto fue registrado en la EM-2. Por otra parte, la relación entre la temperatura promedio y la concentración de promedio de bacterias en PM<sub>2.5</sub> siguen aproximadamente una tendencia lineal positiva, es decir, a mayor temperatura promedio corresponde mayor promedio de bacterias en PM<sub>2.5</sub>. El promedio de bacterias en PM<sub>2.5</sub> a ciertos porcentajes promedios de humedad, tenemos que la mayor concentración de bacterias en PM<sub>2.5</sub>, entre 47.5 a 50 % de humedad esto fue registrado en la EM-2. Por otra parte, la relación entre la humedad promedio y la concentración de promedio de bacterias en PM<sub>2.5</sub> no es muy clara.

#### 4.3.7. Hongos en PM<sub>2.5</sub> según factores meteorológicos.

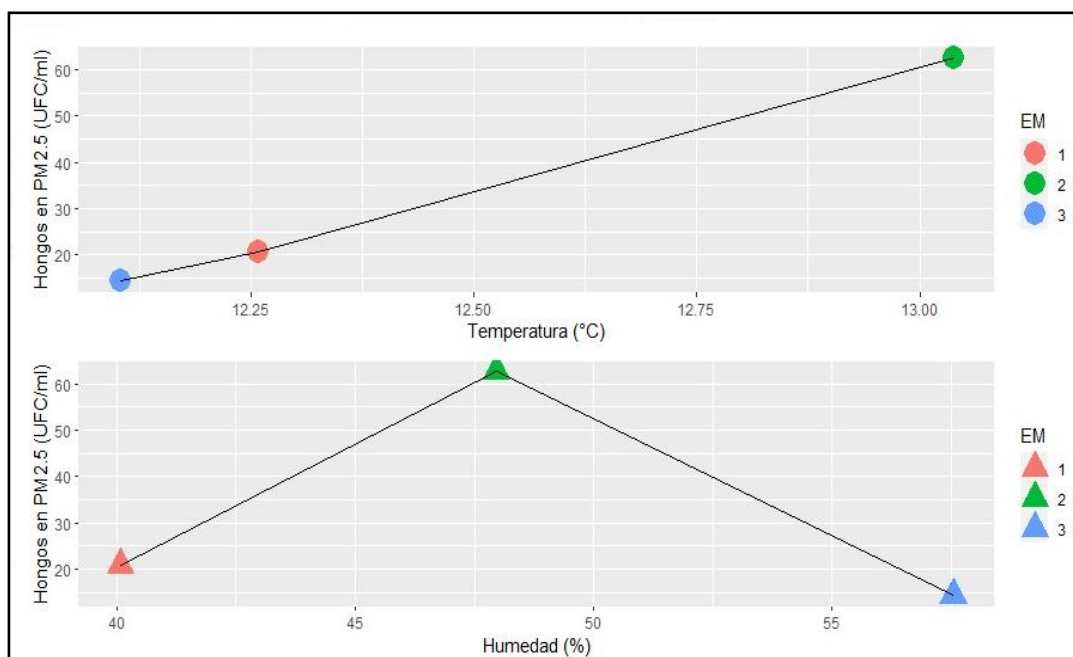


Figura 16. Hongos en PM<sub>2.5</sub> según factores meteorológicos por estación de monitoreo.

En la figura 16, la relación entre la temperatura promedio y la concentración de promedio de hongos en PM<sub>2.5</sub> siguen aproximadamente una tendencia lineal positiva, es decir, a mayor temperatura promedio corresponde mayor promedio de hongos en PM<sub>2.5</sub>. Así también tenemos el promedio de hongos en PM<sub>2.5</sub> a ciertos porcentajes promedios de humedad, tenemos que la mayor concentración de hongos en PM<sub>2.5</sub> entre 47.5 a 50 % de humedad esto fue registrado en la EM-2. Por otra parte, la relación entre la humedad promedio y la concentración de promedio de hongos en PM<sub>2.5</sub> no es muy notorio.

Según De la Rosa (2002), alega que el factor más importante es la humedad, cuando la humedad del aire disminuye, reduce el agua disponible para los microorganismos causando deshidratación y por ende la inactivación de muchos de ellos, las bacterias requieren de mayor humedad, las gramnegativas resisten más a la deshidratación que las grampositivas, la temperatura tiene mucha relación con la humedad, por lo que es difícil separar los efectos que producen estos dos factores.

#### 4.4. Metales en PM<sub>2.5</sub>

##### 4.4.1. Determinación de metales totales en PM<sub>2.5</sub>

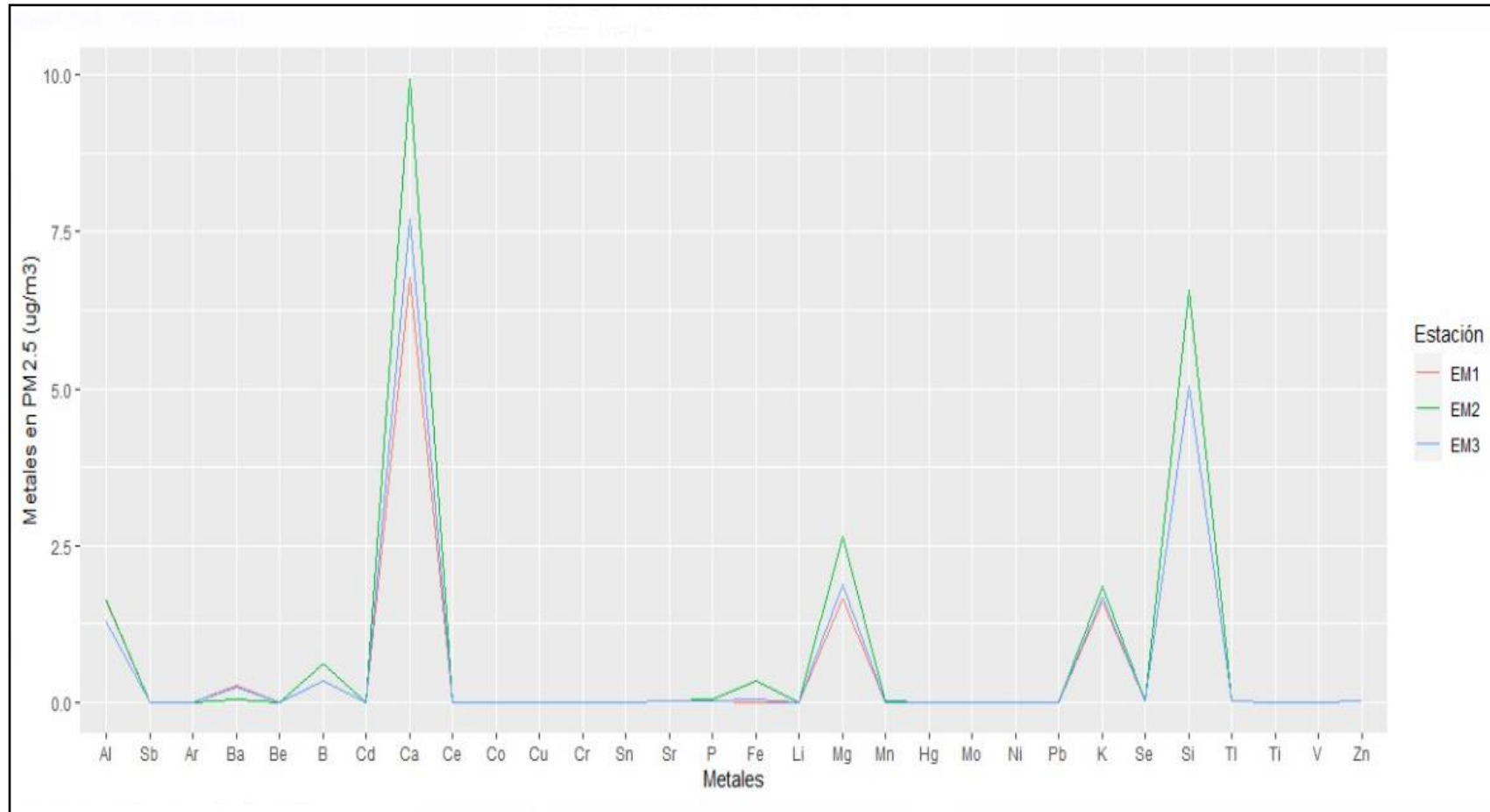


Figura 17. Metales en PM<sub>2.5</sub> según estaciones de monitoreo.



De la figura 17, al evaluar los metales en  $PM_{2.5}$  en el aire, las mayores concentraciones son los elementos de calcio (Ca), silicio (Si) y magnesio (Mg), estos resultados se dan tanto en la primera, segunda y tercera estación de monitoreo; sin embargo, donde registra altas concentraciones es EM-2.

En relación a lo mencionado Franco-Pineda (2020) determinó concentración y composición química de  $PM_{2.5}$ , reportando metales asociados a fuentes vehiculares tales como Cu, Al, S, Cl, Fe, Pb y Na, siendo estos dos últimos relacionados a procesos de combustión; en tanto los metales vinculados al proceso de desgaste de llantas y frenos están el Pb, S, K y Cu; entre los metales relacionados al desgaste de piezas móviles están el Cu, Fe, y Pb; además de ello los metales asociados al polvo de las vías son el Cr, Pb, Ge, Al y Cu; los elementos como son el S, Fe, Na, Al, Mg y Ca se ligaron con las industrias de soldadura y acero como fundición. Finalmente, los elementos tales como el P, Mn, Mg, Ga, S, Zn, F, Ti y As son enlazados a las fuentes volcánicas. Así mismo Llanos, (2017) menciona que la composición química del  $PM_{2.5}$  está sujeta a las variables meteorológicas como la radiación solar y el viento, el lugar de donde se tomó las muestras y las diferentes fuentes de emisión. Los metales encontrados en  $PM_{2.5}$  fueron el aluminio, cobre, titanio, cromo, bario, zinc, vanadio, molibdeno, plomo, manganeso, níquel, y estroncio. La composición química del  $PM_{2.5}$  puede llegar a tener como posible origen de polución en las emisiones del vehículos, el alzamiento de polvo al aire por parte de las áreas con terreno descubierto, campos de cultivo y hasta incluso en los aerosoles marinos, mientras que Arellano (2019) en su estudio de composición metálica en material particulado determinó la presencia de los metales plomo, cobre, cromo, cadmio, manganeso, hierro y zinc, todos ellos de origen antrópico, particularmente debido al alto tráfico vehicular.

En el estudio realizado por Pacsi et al. (2017) obtuvieron los siguientes metales de los filtros de  $PM_{2.5}$  ( $\mu g/m^3$ ): sodio 1.58, silicio 0.578, calcio 0.502, potasio 0.319, fósforo 0.225, hierro 0.144, magnesio 0.101, aluminio 0.096, zinc 0.070, plomo 0.014, manganeso 0.009, cobre 0.011, titanio 0.005, cromo 0.005, bario 0.004, níquel 0.004, vanadio 0.002, molibdeno 0.002 y estroncio 0.002. Mientras que en la investigación realizada por Ordoñez-Aquino et al. (2018) el  $PM_{2.5}$  en promedio se constituye químicamente por 5.6 % de azufre (S), 3.7 % de cloro (Cl), 2.9 % de sodio

(Na), 2.4 % de silicio (Si), 2.3 % de hierro (Fe), 1.3 % de calcio (Ca), 0.9 % de aluminio (Al) y 0.8 % de potasio (K), los demás elementos que representaban menores proporciones, entre ellos: fósforo (P), plomo (Pb), titanio (Ti), zinc (Zn), magnesio (Mg), manganeso (Mn), carbón (C) y cobalto (Co), cobre (Cu), bario (Ba).

Además de ello en el estudio realizado por Rincón (2019) analizó el PM<sub>2.5</sub> encontrando los siguientes elementos en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): sodio 0.429, calcio 0.125, potasio 0.135, cloro 0.187, magnesio 0.008. En relación a ello Quijano et al. (2010) determinó la concentración de los metales hallados en el material particulado PM<sub>2.5</sub> de Pamplona fueron ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): potasio 651.34, zinc 245.83, hierro 22.97, plomo 1.02, cromo 0.8854, manganeso 0.3385, níquel 0.2729. no se detectó cd y elementos como hierro y plomo son particularmente de las emisiones vehiculares. Por último menciona Gutierrez et al. (2012) que las mayores concentraciones de metales presentes en el aire de Cúcuta corresponden a Ca, Fe, Pb, K, Cr, Zn, Cd. No se detectó Mn. El Cd, Cr, Fe, Pb pueden estar asociados a la contaminación por fuentes vehiculares, el K y Zn pueden provenir de los procesos industriales y el Ca puede provenir del suelo y de la corteza terrestre.

La concentración de metales totales en PM<sub>2.5</sub> en las tres estaciones, corresponden a elementos como el silicio es un metaloide de estado natural en forma cristalizada (cuarzo) (Carrasco, 2014) al ser un elemento muy común en la tierra, se arena y gran parte de los minerales (Barin, 2021). El calcio representa el 3.5% de la corteza terrestre, este mineral se obtiene de la piedra caliza, el yeso mineral y la fluorita (Maldonado, s. f.). El magnesio es un metal alcalino terreo que junto con el calcio suelen asociarse para formar la dolomita, el cual es el principal mineral de rocas carbonatadas magnesianas o dolomías (Ramirez et al., 1999). Sin embargo, la exposición al silicio cristalino respirable está relacionada a enfermedades respiratorias (González-Galindo, 2021).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en la EM-2 supera el Estándar de Calidad Ambiental para aire con 52.95 µg/m<sup>3</sup> y 54.62 µg/m<sup>3</sup>; así mismo en la EM-3 supera ampliamente el Estándar de Calidad Ambiental para aire con 58.56 µg/m<sup>3</sup>, esta concentración es la más alta, teniendo como referencia lo permitido por la normativa peruana (50 µg/m<sup>3</sup>).

La cantidad de UFC de microorganismos predominantes en PM<sub>2.5</sub> está 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*.

En la concentración de metales totales en PM<sub>2.5</sub> se halló al calcio (Ca), silicio (Si) y magnesio (Mg) como elementos más representativos. En la EM-1 se encontró 6.76 µg/m<sup>3</sup> de Ca, 5.05 µg/m<sup>3</sup> de Si y 1.3 µg/m<sup>3</sup> de Mg, en la EM-2 se halló 9.93 µg/m<sup>3</sup> de Ca, 6.58 µg/m<sup>3</sup> de Si y 2.7 µg/m<sup>3</sup> de Mg y en la EM-3 se encontró la concentración de 7.7 µg/m<sup>3</sup> de Ca, 5.04 µg/m<sup>3</sup> de Si y 1.5 µg/m<sup>3</sup> de Mg.

#### 5.2. Recomendaciones

Tomar acciones frente a la calidad de aire que hay en la ciudad de Juliaca por parte de las instituciones públicas como el gobierno regional o la municipalidad, manteniendo e implementando nuevas áreas verdes, realizando el asfaltado de las vías y mejorando las condiciones de estas, realizando una distribución estratégica del tránsito vehicular evitando el deterioro prematuro de las vías dentro de la ciudad.

Incentivar a las universidades y grupos de investigación al estudio de la calidad del aire, el material particulado y su composición, considerando el monitoreo tanto en época seca o

de estiaje y avenida para tener una base de datos más completo y análisis más profundo de los factores meteorológicos y la dispersión del  $PM_{2.5}$ . Además de ello hacer un estudio más específico de la presencia microbiológica en el aire y material particulado.

Finalmente se recomienda abarcar otros puntos críticos como es la salida a Puno, Arequipa, Lampa o en vías no asfaltadas, para así tener un análisis más completo acerca de la composición química del material particulado en la ciudad de Juliaca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Nieto, M. F., Rodríguez Brochero, L. V., Cuitiva Vallejo, A. I., Altamar Consuegra, A. del S., & Aragón Moreno, J. A. (2019). Comparación de la calidad de aire por PM10 y PM 2.5 con la temperatura y precipitaciones en una zona aledaña a la Universidad Libre Sede Bosque en Bogotá, 1-9. <https://doi.org/10.26507/ponencia.247>
- Advíncula, J. G. (2021). *Contaminación microbiológica del aire por bacterias y fungi en el distrito de Castillo Grande Leoncio Prado* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1920/TS\\_JGAF\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1920/TS_JGAF_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- AEC. (2017). Gestión de la calidad del aire. Recuperado de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-de-la-calidad-del-aire>
- Ahmad, M., Yu, Q., Chen, J., Cheng, S., Qin, W., & Zhang, Y. (2021). Chemical characteristics, oxidative potential, and sources of PM2.5 in wintertime in Lahore and Peshawar, Pakistan. *Journal of Environmental Sciences*, 102, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.09.014>
- Akinwumi, S. A., Omotosho, T. V., Usikalu, M. R., Odetunmibi, O. A., Ometan, O. O., Adewusi, M. O., ... Joel, E. S. (2018). Comparison between experimental and satellite temperature datasets in Covenant University. *Data in Brief*, 20, 496-502. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.08.012>
- Alemán, A. L., Orellana, M. I., Alvear, N. B., Arévalo, G. J., Valle, I. A., & Moscoso, N. C. (2015). Caracterización química del material particulado PM10 de la zona urbana de cuenca- Ecuador e investigación de su genotoxicidad e inducción de estrés oxidativo en células epiteliales alveolares A549. *Revista de Toxicología*, 32(2), 121-126. Recuperado de <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol32-2/vol32-2-121-126.pdf>
- Alemayehu, Y. A., Asfaw, S. L., & Terfie, T. A. (2020). Exposure to urban particulate matter and its association with human health risks. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 27491-27506. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09132-1>
- Alexandrino, K., Viteri, F., Rybarczyk, Y., Guevara Andino, J. E., & Zalakeviciute, R. (2020). Biomonitoring of metal levels in urban areas with different vehicular traffic intensity by

- using *Araucaria heterophylla* needles. *Ecological Indicators*, 117(July), 106701. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106701>
- Angeriz, D. (2018). *Caracterización de la materia particulada atmosférica*. Universidad de Coruña. Recuperado de [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21533/AngerizRebollo\\_Daniel\\_TFG\\_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21533/AngerizRebollo_Daniel_TFG_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Antonio, G., Mejía, G., & Zanabria, K. (2018). *Determinación de microorganismos en el aire de los laboratorios de microbiología de la universidad Continental-2018* (Tesis de pregrado). Universidad Continental. Recuperado de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7198/1/IV\\_FCS\\_508\\_TI\\_Acosta\\_Mejia\\_Zanabria\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7198/1/IV_FCS_508_TI_Acosta_Mejia_Zanabria_2018.pdf)
- Arellano, E. (2019). *Nivel de contaminación atmosférica por material particulado (PM10) y su composición metálica en el área urbana del distrito de Cusco* (Postgrado). Universidad San Agustín de Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12142/UPargaef.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arenas, J. (2017). *Determinación del material particulado PM10 y PM2.5, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en el distrito Yura- Arequipa* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5311/AMarpaj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias-Pérez, R. D., Taborda, N. A., Gómez, D. M., Narvaez, J. F., Porras, J., & Hernandez, J. C. (2020). Inflammatory effects of particulate matter air pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10574-w>
- Armenta, D., Chávez, I., Gutiérrez, V., Velázquez, E., Mendoza, L., & Zamorategui, A. (2020). Análisis de la variación de la concentración de PM 2.5 en la ciudad de Guanajuato; Gto. *Verano de la Ciencia*, 10, 1-13. Recuperado de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3280/2782>
- Arrieta, A. J. (2016). Dispersión de material particulado (PM10), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 43-54.

<https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5445>

- Arsov, M., Zdravevski, E., Lameski, P., Corizzo, R., Koteli, N., Gramatikov, S., ... Trajkovik, V. (2021). Multi-horizon air pollution forecasting with deep neural networks. *Sensors*, 21(4), 1235. <https://doi.org/10.3390/s21041235>
- Ashmore, M. (2017). *Air pollution. Reference Module in Life Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.02081-1>
- Aucapuri, J., Caviedes, Y., Chura, G. E., & Zanabria, A. (2018). *Planeamiento estratégico del distrito de Juliaca* (Tesis de posgrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/20.500.12404/11753/1/AUCAPURI\\_CAVI EDES\\_PLANEAMIENTO\\_JULIACA](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/20.500.12404/11753/1/AUCAPURI_CAVI EDES_PLANEAMIENTO_JULIACA)
- Avello-Martínez, R., & Seisdedo-Losa, A. (2017). El procesamiento estadístico con R en la investigación científica. *MediSur*, 15(5), 583-586. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2017000500001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2017000500001)
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación. Grupo Editorial Patria* (3a ed.). Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com>
- Barahona, S. K. (2010). *Estudio microbiológico del material particulado atmosférico de Santiago mediante herramientas de biología molecular*. Universidad de Chile. Recuperado de <http://www.mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Salvador Barahona.pdf>
- Barnes, D., & Connor, B. (2014). *Managing dust on unpaved roads and airports*. Alaska University Transportation Center.
- Barin. (2021). Qué es la sílice y los riesgos para la salud. Recuperado de <https://www.barin.es/actualidad/2021/silice-riesgos-para-la-salud/>
- Barraza, C. A. (2017). *Evaluación de la calidad de aire y ruido ambiental en la creación de un cementerio en el departamento de Tacna* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6542/AMbayaca.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Behera, B. K., & Prasad, R. (2020). Air pollution and controlling measures. En *Environmental Technology and Sustainability* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 169-199). Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819103-3.00005-6>

- Biorad. (2011). *BD Mueller Hinton Chocolate Agar*. Recuperado de <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8775>
- Biorad. (2019). *Agar sabouraud*. Recuperado de [https://www.biorad.com/webroot/web/pdf/inserts/CDG/es/56524\\_2019\\_07\\_ES.pdf](https://www.biorad.com/webroot/web/pdf/inserts/CDG/es/56524_2019_07_ES.pdf)
- Blanco, L. C. (2006). Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda, Bogotá D.C. Colombia. *Acta Nova*, 3(2), 257-285. Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892006000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Bloss, W. (2019). *Measurement of air pollutants* (2.<sup>a</sup> ed.). *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11354-5>
- Borduas, N., & Donahue, N. M. (2018). The natural atmosphere. En *Green Chemistry* (pp. 131-150). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00006-6>
- Borghi, S., Antunes, A., Haag, A. F., Spinsanti, M., Brignoli, T., Ndoni, E., ... Delany, I. (2022). Multilayer Regulation of *Neisseria meningitidis* NHBA at Physiologically Relevant Temperatures. *Microorganisms*, 10(4), 834. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040834>
- Botha, A., & Botes, A. (2014). *Geotrichum*. En *Encyclopedia of Food Microbiology* (Vol. 2, pp. 88-93). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00146-4>
- Brauer, M., Casadei, B., Harrington, R. A., Kovacs, R., Sliwa, K., Brauer, M., ... Vedanthan, R. (2021). *Taking a stand against air pollution—the impact on cardiovascular disease*. *Journal of the American College of Cardiology* (Vol. 77). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.12.003>
- Britania. (2021a). *Cetrimida Agar*. *Laboratorios Britania*. Argentina. Recuperado de [https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_5e429e717d7eb.pdf](https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5e429e717d7eb.pdf)
- Britania. (2021b). *Sangre Agar Base*. Recuperado de [https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_6070906bed89d.pdf](https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070906bed89d.pdf)
- Brusseau, M. L., Matthias, A. D., Musil, S. A., & Bohn, H. L. (2019). Physical-chemical



- characteristics of the atmosphere. En *Environmental and Pollution Science* (3.<sup>a</sup> ed., pp. 47-59). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00004-5>
- Buitrago, A. M., & Tejeiro, J. M. (2019). *Influencia de las condiciones meteorológicas en la concentración de PST y PM10 en inmediaciones de la Universidad Santo Tomás sede Loma Linda*. Universidad Santo Tomás. <https://doi.org/10.1128/AAC.03728-14>
- Caballero, J., & Valencia, D. (2018). *Estudio del material particulado de tamaño menor a 10 Micras (Pm10) en el aire ambiente de la zona aledaña a La Universidad Libre – Sede Candelaria* (Departamento de Ingeniería Ambiental). Universidad Libre. Recuperado de <https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/15882/DF - Estudio del PM10 en la U Libre Sede Candelaria - Caterine Caballero y Daniel Valencia.pdf?sequence=1>
- Cahuantico, R. H. (2019). “*Evaluación de contaminantes atmosféricos CO, SO2, PM10, PM2.5 de la zona urbana Cusco 2017*”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10999/UPcasarh1.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Camacho, M., & Villegas, J. (2017). *Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería* (Pre grado). Univerisidad Privada del Norte. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10669/Camacho Correa%2C Marystela - Villegas Díaz%2C Jocelyn Eleine.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cámara-Martos, F., & Moreno-Rojas, R. (2016). Cobalt: properties and determination. En *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 166-171). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00175-6>
- Carrasco Tinoco, M. E. (2014). *Caracterización de metales: silicio, calcio y magnesio en material particulado PM10 y su efecto toxicológico en los habitantes de la ciudad de Azogues*. UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21257/1/TESIS.pdf>
- Castelar, G. A. (2019). “*Comparación entre tres muestreadores de material particulado (PM2.5), en el campus de la UNALM*” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4186>
- Castillo, G. A. (2019). “*Evaluación de microorganismos patógenos oportunistas en el material*

- particulado atmosférico en el campus universitario de la UNASAM, Shancayan - Independencia - Huaraz, 2018*" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4084>
- Chen, P., Bi, X., Zhang, J., Wu, J., & Feng, Y. (2015). Assessment of heavy metal pollution characteristics and human health risk of exposure to ambient PM<sub>2.5</sub> in Tianjin, China. *Particuology*, 20, 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2014.04.020>
- Chen, R., Zhao, Y., Tian, Y., Feng, X., & Feng, Y. (2022). Sources and uncertainties of health risks for PM<sub>2.5</sub>-bound heavy metals based on synchronous online and offline filter-based measurements in a Chinese megacity. *Environment International*, 164(March), 107236. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107236>
- Chew, S., Kolosowska, N., Saveleva, L., Malm, T., & Kanninen, K. M. (2020). Impairment of mitochondrial function by particulate matter: implications for the brain. *Neurochemistry International*, 135, 104694. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2020.104694>
- Ciabattini, M., Rizzello, E., Lucaroni, F., Palombi, L., & Boffetta, P. (2021). Systematic review and meta-analysis of recent high-quality studies on exposure to particulate matter and risk of lung cancer. *Environmental Research*, 196, 110440. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110440>
- Condalab. (2019a). Agar Macconkey. Para el aislamiento e identificación de Enterobacteriaceae a partir de las heces, aguas residuales de orina y alimentos. *Condalab*, 32-34. Recuperado de <https://www.condalab.com/medios-de-cultivo-deshidratados/60-15060-agar-macconkey-ep-usp-iso.html>
- Condalab. (2019b). *Base de Agar Sangre Test microbiológico*. Recuperado de [https://www.condalab.com/int/es/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=8224](https://www.condalab.com/int/es/index.php?controller=attachment&id_attachment=8224)
- Condie, K. C. (2016). The atmosphere and hydrosphere. En *Earth as an Evolving Planetary System* (3.<sup>a</sup> ed., Vol. 3, pp. 237-278). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803689-1.00008-0>
- 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* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión. Recuperado de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2671>

- Cruz, M. E., Gómez Álvarez, A., Ramírez Leal, R., Villalba Villalba, A. G., Monge Amaya, O., Varela Salazar, J., ... Duarte Tagles, H. F. (2017). CALIDAD DEL AIRE RESPECTO DE METALES (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) Y RELACIÓN CON SALUD RESPIRATORIA: CASO SONORA, MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(esp02), 23-34. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp02.02>
- D'Agosto, M. de A. (2019). Air pollutant and greenhouse gas emissions (GHG). En *Transportation, Energy Use and Environmental Impacts* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 227-257). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813454-2.00006-4>
- Databio. (2016). *Pseudomonas aeruginosa*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Vol. 2). Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/353495/Pseudomonas%2Baeruginosa%2B2017.pdf/7e1ed73b-eca5-4578-a4f7-1c8847e6a799>
- De la Cruz, D. (2021). *Material particulado (PM10 y PM2.5) para el análisis de riesgos en la salud de comerciantes del mercado III Huayco Tarapoto-2020* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- De la Rosa, M. M., & Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio medioambiental*, 5(2002), 375-402.
- Dextre, E. (2016). *Comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con la calidad de aire por material particulado PM2.5, San Juan de Lurigancho – 2016* (Pre grado). Universidad César Vallejo. Universidad César Vallejo. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/8956/Dextre\\_EED.pdf](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/8956/Dextre_EED.pdf)
- Dionicio, E. A. (2019). *Grado de correlación entre el clima antártico con las heladas en las provincias de Juliaca y Puno entre los años 2006-2016*. FUERZA AÉREA DEL PERÚ. Recuperado de [http://repositorio.fap.mil.pe/bitstream/handle/fap/268/GRADO DE CORRELACIÓN ENTRE EL CLIMA ANTÁRTICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.fap.mil.pe/bitstream/handle/fap/268/GRADO_DE_CORRELACION_ENTRE_EL_CLIMA_ANTARTICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dobeic, M., Zdovc, I., & Pintarič, Š. (2014). Isolation of airborne *Listeria* spp in meat processing industry, 366-369. Recuperado de <https://hrcak.srce.hr/file/195455>
- Donahue, N. M. (2018). Air pollution and air quality. En *Green Chemistry* (pp. 151-176). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00007-8>

- Doria, C. J., & Fagundo, J. R. (2016). Caracterización química de material particulado PM10 en la atmósfera de La Guajira Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 45(2), 19-29. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n2.56991>
- Dowd, F. J. (2014). *Candida Albicans Infections*☆. En *Reference Module in Biomedical Sciences* (pp. 1-3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.04897-2>
- Dykes, G. A. (2016). Salmonella: Detection. En *Encyclopedia of Food and Health* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 689-694). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00606-1>
- Eliskases-Lechner, F., Guéguen, M., & Panoff, J. M. (2022). *Geotrichum candidum*. En *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Vol. 17, pp. 561-568). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22976-4>
- Encinas, A. (2014). *BD MacConkey II Agar*. Recuperado de <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8770>
- Environmental Protection Agency. (2018). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- EPA. (1999). *Determination of metals in ambient particulate matter using inductively coupled plasma (ICP) spectroscopy*. Recuperado de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/epa-io-3.4.pdf>
- EPA. (2014). *40 CFR Apéndice L de la Parte 50 - Método de referencia para la determinación de partículas finas como PM2.5 en la atmósfera*. Recuperado de [https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-L\\_to\\_part\\_50](https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-L_to_part_50)
- Evans, T. J. (2022). *Streptococcus pneumoniae*. En *Encyclopedia of Respiratory Medicine (Second Edition)*, Academic Press, (2.<sup>a</sup> ed., Vol. 2, pp. 1-13). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102723-3.00249-3>
- Fanego-Hernández, S., & Carabeo-Pérez, V. (2017). Empleo de técnicas de alta precisión en la industria azucarera para el análisis de mieles finales. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(3), 50-57. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223158039008.pdf>
- Fazlzadeh, M., Rostami, R., Yousefian, F., Yunesian, M., & Janjani, H. (2021). Long term exposure to ambient air particulate matter and mortality effects in Megacity of Tehran,

- Iran: 2012–2017. *Particuology*, 58, 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2021.01.017>
- Fernández, M. V., & León, J. D. (2019). *Determinación de la relación del contenido de Black Carbon ( BC ) en muestras ambientales de PM<sub>2.5</sub> con la presencia de diferentes tipos de microorganismos* (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/7138>
- Fernández, N. Y. (2017). *Caracterización de material particulado y plomo en el distrito de San Juan de Sigüas – Arequipa* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5382/AMfepuny.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fino, A. (2019). *Air quality legislation* (2.<sup>a</sup> ed.). *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11045-0>
- Flores, J., Sukla, M., Wang, J., & Hernández, B. (2010). Material particulado dispersado al aire por vehículos en caminos agrícolas no pavimentados. *Terra Latinoamericana*, (1), 12. Recuperado de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000100023](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000100023)
- Fox, E. M., Jiang, Y., & Tinoco, M. B. (2022). Staphylococcus aureus - Dairy. En *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Vol. 4, pp. 522-529). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22986-7>
- Franco-Pineda, D. (2020). *Análisis y caracterización del material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en la ciudad de Manizales*. (Pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79214>
- Gad, S. C. (2014). Zinc. En *Encyclopedia of Toxicology* (Vol. 4, pp. 997-999). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00962-3>
- Galán, D., Sánchez, F., Díaz, G., Lucena, M., Fernández, R., & Aguayo, S. (2018). *Metodología para la toma de muestra de microorganismos altamente patógenos en las matrices ambientales aire, agua y suelo/sedimento*. Centro Nacional de Sanidad ambiental. Madrid, Spain. <https://doi.org/10.4321/repisalud.7428>
- Gao, Z. F., Long, H. M., Dai, B., & Gao, X. P. (2019). Investigation of reducing particulate matter (PM) and heavy metals pollutions by adding a novel additive from metallurgical

- dust (MD) during coal combustion. *Journal of Hazardous Materials*, 373(March), 335-346. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.057>
- García-Hidalgo, C. F. (2022). Staphylococcus and Other Catalase-Positive Cocci. En *Encyclopedia of Infection and Immunity* (Vol. 1, pp. 498-510). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00220-2>
- Gill, R. L. (2017). *Infecciones por Salmonella. Red Book (2012) - Spanish*. Recuperado de <https://kidshealth.org/es/parents/salmonellosis.html>
- Gómez, L. M., Santos, J. M., de Almeida Albuquerque, T. T., Reis, N. C., Andreão, W. L., & de Fátima Andrade, M. (2020). Air quality status and trends over large cities in South America. *Environmental Science & Policy*, 114(September), 422-435. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.09.009>
- Gondalia, R., Baldassari, A., Holliday, K. M., Justice, A. E., Stewart, J. D., Liao, D., ... Whitsel, E. A. (2021). Epigenetically mediated electrocardiographic manifestations of sub-chronic exposures to ambient particulate matter air pollution in the women's health initiative and atherosclerosis risk in communities study. *Environmental Research*, 198(March), 111211. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111211>
- Gonzales, C., & Jiménez, E. (2020). Contaminación ambiental: partículas PM10 y PM2,5 y efectos en la salud. *Exégesis*, 1(1), 6-6. Recuperado de <http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/exegesis/article/view/673/587>
- González-Galindo, E.A. (2021). "Medidor de bobina móvil de imán permanente (PMMC)", URL: [http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/4684/2021-11-06-033818\\_Silicio\\_Efectos\\_del\\_.pdf](http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/4684/2021-11-06-033818_Silicio_Efectos_del_.pdf), Pag 1-4
- Gotschlich, E. C. (2009). Gram-Negative Cocci, Pathogenic. En *Encyclopedia of Microbiology* (pp. 133-144). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00187-5>
- Guo, C., Lv, S., Liu, Y., & Li, Y. (2022). Biomarkers for the adverse effects on respiratory system health associated with atmospheric particulate matter exposure. *Journal of Hazardous Materials*, 421(July 2021), 126760. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126760>
- Gupta, T. (2019). Exposure science: monitoring environmental contaminants. En *Encyclopedia of Environmental Health* (2.<sup>a</sup> ed., pp. 833-839). Elsevier. [73](https://doi.org/10.1016/B978-0-</a></p></div><div data-bbox=)

12-409548-9.10940-6

- Gutierrez, J., Quijano, M., & Quijano, A. (2012). Monitoreo y caracterización fisicoquímica del material particulado PM2.5 en Cúcuta-Norte de Santander-Colombia. *Bistua*, 10(1), 24-38. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/903/90326398008.pdf>
- Hanco, A. M. (2017). *Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7132>
- Hassan, A., Ilyas, S. Z., Agathopoulos, S., Hussain, S. M., Jalil, A., Ahmed, S., & Baqir, Y. (2021). Evaluation of adverse effects of particulate matter on human life. *Heliyon*, 7(2), e05968. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05968>
- He, J., Chen, K., & Xu, J. (2017). *Urban air pollution and control. Encyclopedia of Sustainable Technologies* (Vol. 2). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10182-4>
- He, M., Zeng, X., Zhang, K., & Kinney, P. (2017). Fine particulate matter concentrations in urban Chinese cities, 2005–2016: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2), 191. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020191>
- Hernández, N. (2018). *Manual de microbiología 2018*. Guatemala. Recuperado de <https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2019/01/MANUAL-DE-MICROBIOLOGIA.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). México D.F.: Mc Graw Hill Education. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Holloway, T., & Sanderfoot, O. V. (2019). *Intercontinental air pollution transport: links to environmental health* (2.<sup>a</sup> ed.). *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11017-6>
- Huanca, E. (2017). *Caracterización de los recursos eólicos y solar de la ciudad de Juliaca* (Pre grado). *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Huanca, P. F. (2016). *Concentración de material particulado menores a 2.5 micrómetros para la gestión de áreas verdes en la ciudad de Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4197>
- Illizarbe-Gonzales, G. M., Rojas-Quincho, J. P., Cabello-Torres, R. J., Ugarte-Alvan, C. A., Reynoso-Quispe, P., & Valdiviezo-Gonzales, L. G. (2020). Chemical Characteristics and Identification of PM10 Sources in Two Lima Districts, Peru. *DYNA*, 87(215), 57-65. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.83688>
- INEI. (2018). *Peru: crecimiento y distribución de la población total, 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf)
- INSST. (s. f.). Staphylococcus aureus. Recuperado de <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/bacterias/staphylococcus-aureus>
- INSST. (2020). *Aspergillus spp Hongos*. Ministerio de Trabajo y economía social. España. Recuperado de <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/aspergillus-spp>
- INSST. (2022). *Penicillium spp*. España. Recuperado de <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/penicillium-spp>
- Izquierdo, G. S. (2016). *Calidad microbiológica ambiental del aire en los interiores del hospital ESSALUD en Tingo María*. Recuperado de [https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/Calidad microbiológica ambiental del aire en los interiores del hospital ESSALUD en Tingo Maria](https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/Calidad%20microbiol%C3%B3gica%20ambiental%20del%20aire%20en%20los%20interiores%20del%20hospital%20ESSALUD%20en%20Tingo%20Mar%C3%ADa)
- Joo, Y. S., Kim, J., Lee, J., & Chung, I.-J. (2021). Understanding the link between exposure to fine particulate matter and internalizing problem behaviors among children in South Korea: indirect effects through maternal depression and child abuse. *Health & Place*, 68, 102531. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102531>
- Justo, J. (2021). *Evaluación de la calidad del aire según los niveles de concentración de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub> en puntos críticos de la ciudad de Juliaca* (Pre grado). Universidad Nacional de Juliaca. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3017280>
- Kanchan, G. A. K., & Goyal, P. (2015). A review on air quality indexing system. *Asian Journal*



- of Atmospheric Environment*, 9(2), 101-113. <https://doi.org/10.5572/ajae.2015.9.2.101>
- Karimi, H., Nikaeen, M., Gholipour, S., Hatamzadeh, M., Hassanzadeh, A., & Hajizadeh, Y. (2020). PM2.5-associated bacteria in ambient air: Is PM2.5 exposure associated with the acquisition of community-acquired staphylococcal infections? *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(2), 1007-1013. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00522-8>
- Katsaros, K. B. (2019). Sensors for Mean Meteorology. En *Encyclopedia of Ocean Sciences* (3.<sup>a</sup> ed., pp. 179-186). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11210-2>
- Katsouyanni, K., Samoli, E., Dimakopoulou, K., & Gryparis, A. (2019). Short-Term Effects of Air Pollution on Health. En *Encyclopedia of Environmental Health* (pp. 643-654). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10956-X>
- Keykhasaber, M., Thomma, B. P. H. J., & Hiemstra, J. A. (2018). Verticillium wilt caused by *Verticillium dahliae* in woody plants with emphasis on olive and shade trees. *European Journal of Plant Pathology*, 150(1), 21-37. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1273-y>
- Kinross, A. D., & Hageman, K. J. (2018). *Air analysis—sampling* (3.<sup>a</sup> ed.). *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14431-2>
- Knoop, F. C. (2007). Haemophilus Infections. En *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference* (pp. 1-4). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08055232-3.60874-8>
- Knuckles, T. L., & Campen, M. J. (2018). *Air pollution cardiovascular disease* (Third Edit). *Comprehensive Toxicology* (Vol. 13-15). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.99192-X>
- Kończak, B., Cempa, M., Pierzchała, Ł., & Deska, M. (2020). Assessment of the ability of roadside vegetation to remove particulate matter from the urban air. *Environmental Pollution*, 268, 115465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115465>
- Kosky, P., Balmer, R., Keat, W., & Wise, G. (2021). Environmental engineering. En *Exploring Engineering* (5.<sup>a</sup> ed., pp. 405-430). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815073-3.00018-1>
- Laborclin. (2019). *Agar chocolate*. Recuperado de <https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2020/02/540198-BIPLACA-CHOCOLATE-ENRIQ.-AGAR-2X10mL->

- Lara, C. (2018). *Exploración de perfiles verticales de humedad relativa, temperatura y concentraciones de PM2.5 y black carbón, en la localidad de Puente Aranda*. Universidad de La Salle. Recuperado de [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/733/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/733/)
- Lara, H. E., & Torres, V. J. (2015). *Caracterización microbiológica del material particulado intramural y del agua de consumo en jardines de la secretaría de integración social en la localidad de Usme* (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2956/2015haroldlara.pdf?sequence=4>
- Larry, B. (2019). Infecciones por *Staphylococcus aureus*. Recuperado de <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-grampositivas/infecciones-por-staphylococcus-aureus>
- Larry M. Bush. (2021). Infecciones por *Staphylococcus aureus*. *MD, FACP, Charles E. Schmidt College of Medicine, Florida Atlantic University*, 1-5. Recuperado de <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-grampositivas/infecciones-por-staphylococcus-aureus>
- Lee, Y.-G., Lee, P.-H., Choi, S.-M., An, M.-H., & Jang, A.-S. (2021). Effects of Air Pollutants on Airway Diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9905. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189905>
- Leoncio, E. (2019). *Microorganismos patógenos del aire presente en las partículas atmosféricas sedimentables de las áreas verdes de Tingo María (Abril - Junio 2018)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1454>
- Leung, Y. L. (2014). *Staphylococcus aureus*. En *Encyclopedia of Toxicology* (Third Edit, Vol. 4, pp. 379-380). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00539-X>
- Liu, L., Zhang, Y., Yang, Z., Luo, S., & Zhang, Y. (2021). Long-term exposure to fine particulate constituents and cardiovascular diseases in Chinese adults. *Journal of Hazardous Materials*, 416(March), 126051. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126051>
- Liu, Y., Li, C., Zhang, C., Liu, X., Qu, Y., An, J., ... Tan, Q. (2021). Chemical characteristics,

- source apportionment, and regional contribution of PM<sub>2.5</sub> in Zhangjiakou, Northern China: a multiple sampling sites observation and modeling perspective. *Environmental Advances*, 3, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100034>
- Liu, Z., Wang, F., Li, W., Yin, L., Wang, Y., Yan, R., ... Tse, L. A. (2018). Does utilizing WHO's interim targets further reduce the risk - meta-analysis on ambient particulate matter pollution and mortality of cardiovascular diseases? *Environmental Pollution*, 242, 1299-1307. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.041>
- Llanos, C. M. (2017). "Análisis de la composición química del material particulado fino (pm<sub>2.5</sub>) en el aire ambiental del campus de la UNALM" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3117/llanos-puga-cesar-manuel.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Loaiza, M. X., & Ruiz, L. T. (2019). *Análisis del riesgo microbiológico del aire en dos laboratorios de la universidad Santo Tomás sede Villavicencio campus Aguas Claras*. (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21711/2020maylinloaiza?sequence=5&isAllowed=y>
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Los Andes. (2021, febrero 25). Exigen reinicio de asfaltado de calles. *Los Andes*. Recuperado de <https://www.losandes.com.pe/2021/02/25/exigen-reinicio-de-asfaltado-de-calles/>
- Loxham, M., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2019). Health effects of particulate matter air pollution in underground railway systems – a critical review of the evidence. *Particle and Fibre Toxicology*, 16(1), 1-24. <https://doi.org/10.1186/s12989-019-0296-2>
- Lu, M., Ding, S., Wang, J., Liu, Y., An, Z., Li, J., ... Song, J. (2020). Acute effect of ambient air pollution on hospital outpatient cases of chronic sinusitis in Xinxiang, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202, 110923. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110923>
- Ma, H., Liu, F., Yang, X., Liu, Q., Wang, X., Xing, X., ... Huang, J. (2021). Association of short-term fine particulate matter exposure with pulmonary function in populations at

- intermediate to high-risk of cardiovascular disease: a panel study in three Chinese cities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 220(June), 112397. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112397>
- Macías, A., Mera, L. A., Espinoza, M. R., Vite, F. A., Vallejo, P. A., Mendoza, L. M., ... Terán, M. J. (2019). *Microbiología y salud. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Quedan*. España. <https://doi.org/10.17993/med.2019.62>
- Maldonado, Y. (s. f.). Calcio: propiedades y características. Recuperado de <https://geologiaweb.com/elementos-quimicos/calcio/>
- Mamani, J. (2018). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos Caracterización de temperaturas mínimas asociadas a heladas extremos usando WRF , en la parte sur del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9121/Mamani\\_pj.pdf?sequence=3](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9121/Mamani_pj.pdf?sequence=3)
- Mareddy, A. R. (2018). Impacts on air environment. En *Environmental Impact Assessment* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 171-216). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811139-0.00005-0>
- Marrugo, Y. del C., & Uribe, J. P. (2017). *Caracterización bacteriológica del material particulado proveniente de un ambiente marino de la ciudad de Cartagena de Indias – Caribe colombiano* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Bolívar. Recuperado de <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2123>
- Medina, E. K. (2019). La contaminación del aire, un problema de todos. *Revista de la Facultad de Medicina*, 67(2), 189-191. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n2.82160>
- Menezes, R. A. de M., Pavanitto, D. R., & Nascimento, L. F. C. (2019). Exposição a poluentes do ar e doença respiratória em meninos e meninas. *Revista Paulista de Pediatria*, 37(2), 166-172. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/;2019;37;2;00009>
- Merck. (s. f.). *Sabouraud 4 % Dextrose Agar*. Recuperado de <https://www.merckgroup.com/en/worldwide/merck-in-peru.html>
- MINAM-Peru. (2016). Informe nacional de la calidad del aire 2013-2014. *Informe Nacional De La Calidad Del Aire*, 52. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
- MINAM. (2015). *Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención*

- prioritaria de la cuenca atmosférica de San Román*. Juliaca. Recuperado de <http://sia.munipuno.gob.pe/documentos/plan-accion-mejora-calidad-aire-zona-atencion-prioritaria-guena>
- MINAM. (2019a). Estándar de calidad ambiental. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>
- MINAM. (2019b). *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire*. Lima. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>
- Monge-Montero, A. C. (2017). Aseguramiento y control de calidad en la producción de medios de cultivo microbiológicos. *Revista de colegio de microbiología y químicos clínicos de Costa Rica*, 45-50. Recuperado de <http://revista.microbiologos.cr/wp-content/uploads/2018/06/Revista-Vol-23-N-2-2017.pdf#page=8>
- Montero, J. (2020). *Aspergillus brasiliensis*. En *Definitions* (pp. 1-9). Qeios. <https://doi.org/10.32388/G63K0U>
- Montocache Ayala, D. R. (2019). *Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en los niveles de material particulado PM10 y PM2.5 en la construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna*. UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA. Recuperado de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/970/Motocanche-Ayala-Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morais, V., Texeira, E., & Suárez, N. (2022). Respiratory Tract Infections: Bacteria. En *Encyclopedia of Infection and Immunity* (pp. 1-12). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00158-0>
- Morales, L. L. (2019). *“Evaluación de la concentración del PM10 y determinación de su composición química por ICP-MS en cuatro estaciones de muestreo de la ciudad de Arequipa”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11235/IAmoesll.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Moreno Jiménez, A., Cañada Torrecilla, R., & Méndez Arranz, D. (2020). La concentración de partículas en el aire: análisis estadístico de la relación espacial entre medidas de superficie

- y del sensor MODIS para dos tipos de tiempo en la Comunidad de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, 2020(73), 189. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.MJCTMA>
- Morente, E. O., del Postigo Ruiz, A. G., & Pulido, R. P. (2016). Staphylococcus: Detection. En *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 128-132). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00654-1>
- MPSR. (2017). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Juliaca 2016 - 2025*. Municipalidad Provincial de San Román. Juliaca. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1t8c4v.21>
- Namvar, A. E., Bastarahang, S., Abbasi, N., Ghehi, G. S., Farhadbakhtiarian, S., Arezi, P., ... Chermahin, S. G. (2014). Clinical characteristics of Staphylococcus epidermidis: a systematic review. *GMS hygiene and infection control*, 9(3), Doc23. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25285267> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4184040>
- Nanclares, D. A. (2016). *Evaluación de las bacterias aisladas de material particulado PM2.5 captado en tres estaciones de la red de monitoreo de calidad de aire del área Metropolitana Valle de Aburrá*. Duvan (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56806>
- Newell, K., Cusack, R. P., Kartsonaki, C., Chaudhary, N., & Kurmi, O. P. (2019). *Household air pollution and associated health effects in low and Mmiddle income countries* (2.<sup>a</sup> ed.). *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11494-1>
- Olaya, J., Ovalle, D. P., & Urbano, C. L. (2020). Functional analysis of variance of air pollution caused by fine particles. *Universitas Scientiarum*, 25(1), 1-16. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC25-1.faov>
- Ordoñez-Aquino, C., & Sánchez-Ccoyllo, O. (2018). Caracterización química - morfológica del PM2,5 en Lima Metropolitana mediante microscopía electrónica de barrido (MEB). *Acta Nova*, 8(3), 397-420. Recuperado de <https://bit.ly/2IYioa1>
- Orellano, P., Reynoso, J., Quaranta, N., Bardach, A., & Ciapponi, A. (2020). Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality: systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 142(2019), 105876. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105876>

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pachamama. (2021). Vecinos de la urbanización Vallecito de Juliaca piden mejora de sus calles. Recuperado de <https://www.pachamamaradio.org/vecinos-de-la-urbanizacion-vallecito-de-juliaca-piden-mejora-de-sus-calles/>
- Pacsi, S., & Llanos, C. M. (2017). Evaluación de la composición química del material particulado PM<sub>2,5</sub> en la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales Científicos*, 78(2), 210-215. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1058>
- Pacsi Valdivia, S., & Llanos Puga, C. M. (2017). Evaluación de la composición química del material particulado PM<sub>2,5</sub> en la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales Científicos*, 78(2), 210. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1058>
- Pal, P. (2020). Introduction to air emissions reduction and prevention. En *Membrane-Based Technologies for Environmental Pollution Control* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 337-346). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819455-3.00005-4>
- Palacios, Ò., & Capdevila, M. (2013). Toxicology (Pb, Hg, Cd, As, Al, Cr, and others). En *Comprehensive Inorganic Chemistry II* (Vol. 3, pp. 51-63). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097774-4.00304-1>
- Pallarés, S., Gómez, E., Martínez, A., & Jordán, M. M. (2019). The relationship between indoor and outdoor levels of PM<sub>10</sub> and its chemical composition at schools in a coastal region in Spain. *Heliyon*, 5(8), e02270. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02270>
- Pandey, B. P., & Vladimirov, S. V. (2018). Dust modification of the plasma conductivity in the Earth's mesosphere. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 175, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.05.003>
- Pari, A. I. (2017). *Estudio definitivo mejoramiento y rehabilitacion de la infraestructura vial en el jr. Lambayeque de la ciudad de Juliaca, Provincia De San Roman – Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6379/Pari\\_Mamani\\_Ivar\\_Alex.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6379/Pari_Mamani_Ivar_Alex.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pinheiro, A. C., & Viegas, C. (2016). Air, surface and water sampling. En *Environmental*

*Mycology in Public Health* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 401-408). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411471-5.00023-5>

Pinkerton, K. E., Chen, C.-Y., Mack, S. M., Upadhyay, P., Wu, C.-W., & Yuan, W. (2019). Cardiopulmonary health effects of airborne particulate matter: correlating animal toxicology to human epidemiology. *Toxicologic Pathology*, 47(8), 954-961. <https://doi.org/10.1177/0192623319879091>

Pinto, R. J. (2018). *Determinación del material particulado (PM10 y PM2.5) y metales en la construcción de la carretera DV. Papujune camino principal tramo II en la ciudad de Mariscal Nieto Moquegua* (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6247/AMpipirj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Planas, O. (2021). Propiedades y características ¿ Qué tipo de metal es el calcio ? Recuperado de <https://energia-nuclear.net/energia/energia-quimica/elementos-quimicos/calcio>

Platel, A., Privat, K., Talahari, S., Delobel, A., Dourdin, G., Gateau, E., ... Nessler, F. (2020a). Study of in vitro and in vivo genotoxic effects of air pollution fine (PM2.5-0.18) and quasi-ultrafine (PM0.18) particles on lung models. *Science of The Total Environment*, 711, 134666. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134666>

Platel, A., Privat, K., Talahari, S., Delobel, A., Dourdin, G., Gateau, E., ... Nessler, F. (2020b). Study of in vitro and in vivo genotoxic effects of air pollution fine (PM2.5-0.18) and quasi-ultrafine (PM0.18) particles on lung models. *Science of the Total Environment*, 711, 134666. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134666>

Porte T., L., Hervé E., B., Prat M., S., & Chanqueo C., L. (2007). Enterococcus sp. Parte I. *Revista Chilena de Infectología*, 24(3), 231. <https://doi.org/S0716-10182007000300010>

Prieto, O. (2016). *Caracterización de material particulado, plomo y arsenico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de Islay- Matarani* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1904/AMprzao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quijano, A., Quijano, M., & Henao, J. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia, 8(1),



- 53-66. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/903/90315226007.pdf>
- Quiñonez Choquecota, J., Huanca Callata, E., & Holguino Huarza, A. (2019). Caracterización del recurso eólico en la ciudad de Juliaca. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 21(1), 57-68. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.445>
- Ramirez, A., Rial, M., & Ramírez, J. (1999). El magnesio en la naturaleza. *Anales de la Real Academia de Doctores*. Recuperado de <https://www.radoctores.es/doc/1v3n1-ramirez-ortega-magnesio.pdf>
- Reátegui, W. (2018). *Estimación de la concentración de material particulado pm10 y pm2.5 en el área metropolitana de Lima utilizando un modelo euleriano* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3635/reategui-romero-warren.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, J. M. (2019). “*Cuantificación y evaluación del contenido de Pb y Cd en el material particulado PM2.5 por técnica voltamperométrica a la que está expuesta la población del área de ingenierías de la U.N.S.A. - Arequipa*”. Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10989/QUremejm1.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Richardson, J. P. (2022). Candida albicans: A Major Fungal Pathogen of Humans. *Pathogens*, 11(4), 459. <https://doi.org/10.3390/pathogens11040459>
- Rincón Caro, M. A. (2019). *Caracterización química del Material Particulado PM 2.5 en Bogotá: detección de Trazadores de Quema de Biomasa* (Pregrado). Universidad de Los Andes Programa. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/44120/u827606.pdf?sequence=1>
- Rivas, L., & Mühlhauser, M. (2015). Complejo Trichophyton mentagrophytes. *Revista chilena de infectología*, 32(3), 319-320. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182015000400009>
- Robertson, S., & Miller, M. R. (2018). Ambient air pollution and thrombosis. *Particle and Fibre Toxicology*, 15(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12989-017-0237-x>
- Rodríguez-Angeles, G. (2002). Principales características y diagnóstico de los grupos

- patógenos de *Escherichia coli*. *Salud Pública de México*, 44(5), 464-475.  
<https://doi.org/10.1590/S0036-36342002000500011>
- Romero, Y., Chicchon, N., Duarte, F., Noel, J., Ratti, C., & Nyhan, M. (2020). Quantifying and spatial disaggregation of air pollution emissions from ground transportation in a developing country context: case study for the Lima Metropolitan area in Peru. *Science of The Total Environment*, 698, 134313. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134313>
- Roth, J. R. (2017). Salmonella. En *Reference Module in Life Sciences* (pp. 1-3). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.07102-8>
- Roy, A., Bhattacharya, T., & Kumari, M. (2020). Air pollution tolerance, metal accumulation and dust capturing capacity of common tropical trees in commercial and industrial sites. *Science of The Total Environment*, 722, 137622.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137622>
- Roy, D., Singh, G., & Seo, Y.-C. (2019). Carcinogenic and non-carcinogenic risks from PM10- and PM2.5-Bound metals in a critically polluted coal mining area. *Atmospheric Pollution Research*, 10(6), 1964-1975. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.09.002>
- Rubio, J. R. (2019). *Monitoreo y evaluación del impacto ambiental del material particulado PM10 y PM2,5 en la Universidad Politécnica Salesiana «Campo Sur»* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17086/1/UPS-ST004034.pdf>
- Ruiz-Bautista, L. (2019). Cardiovascular impact of PM2.5 from the emissions of coal-fired power plants in Spain during 2014. *Medicina Clínica (English Edition)*, 153(3), 100-105.  
<https://doi.org/10.1016/j.medcle.2019.06.005>
- Sá-Leão, R., & Tomasz, A. (2014). Streptococcus Pneumoniae Evolving – Impact of Antibiotics and Vaccines. En *Reference Module in Biomedical Sciences* (pp. 321-333). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.02305-9>
- Sánchez, F., García, P. J., García, E., Bonavera, L., & de Cos Juez, F. J. (2020). Evolution and forecasting of PM10 concentration at the Port of Gijon (Spain). *Scientific Reports*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68636-5>
- Sanchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio: riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio*. Facultad de Farmacia Universidad Complutense Trabajo. Facultad de

- Farmacia Universidad Complutense Trabajo. Recuperado de [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA\\_SANCHEZ\\_BARRON.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA_SANCHEZ_BARRON.pdf)
- Sánchez, M., Gonzáles, T., Ayora, T., Evangelista, Z., & Pacheco, N. (2017). ¿Qué son los microbios? *Ciencia*, 68(2), 10-17. Recuperado de [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf)
- Sánchez Paico, C. L., & Bautista Monsalve, M. Y. (2019). *Evaluación de la calidad del aire (PM10 y PM2.5) en relación a los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa y velocidad de viento) en el sector Cercado- Tarapoto, 2018* (Pre grado). Universidad Peruana Uniión. Recuperado de [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2012/Cleidy\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2012/Cleidy_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 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>
- Santos, J. P., Sayago, I., & Aleixandre, M. (2020). Air quality monitoring using nanosensors. En *Nanomaterials for Air Remediation* (pp. 9-31). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818821-7.00002-6>
- Schantz, M. M., Cleveland, D., Heckert, N. A., Kucklick, J. R., Leigh, S. D., Long, S. E., ... Zeisler, R. (2016). Development of two fine particulate matter standard reference materials (<4 µm and <10 µm) for the determination of organic and inorganic constituents. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408(16), 4257-4266. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9519-7>
- Ścibor, M., & Malinowska-Cieślik, M. (2020). The association of exposure to PM<sub>10</sub> with the quality of life in adult asthma patients. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 33(3), 311-324. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01527>
- Seares, A. L. F., de Oliveira Souza, M., Lionel-Mateus, V., & De Almeida, C. M. S. (2021). Optimization of operational ICP OES parameters and application to PM10 monitoring associated to sugarcane burning. *Microchemical Journal*, 163(January), 105917. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105917>
- SENAMHI. (2021). *Pronóstico del Tiempo*. Juliaca. Recuperado de

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=21&localidad=0020>

- Serrano, C., Torrego, A., Loosli, A., Valero, A., & Picado, C. (2010). Neumonitis por hipersensibilidad tras exposición a *Candida* spp. *Archivos de Bronconeumología*, 46(5), 275-277. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2009.08.005>
- Sforza, P. M. (2016). Earth's atmosphere. En *Manned Spacecraft Design Principles* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 13-46). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804425-4.00002-7>
- Sharma, J., Parsai, K., Raghuwanshi, P., Ali, S. A., Tiwari, V., Bhargava, A., & Mishra, P. K. (2021). Emerging role of mitochondria in airborne particulate matter-induced immunotoxicity. *Environmental Pollution*, 270, 116242. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116242>
- Sharma, P., Yadav, P., Ghosh, C., & Singh, B. (2020). Heavy metal capture from the suspended particulate matter by *Morus alba* and evidence of foliar uptake and translocation of PM associated zinc using radiotracer (<sup>65</sup>Zn). *Chemosphere*, 254, 126863. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126863>
- Sin Fronteras. (2017, junio 12). Juliaca: piden a regidores fiscalizar obra de la avenida Huancané. *Sin Fronteras*. Recuperado de <https://www.diariosinfronteras.pe/2017/06/12/juliaca-piden-a-regidores-fiscalizar-obra-de-la-avenida-huancane/>
- Singh, G., & Prakash, S. (2015). Virulency of *Verticillium* sp. against mosquito vectors for malaria, filarial, and dengue. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(S1), S27-S30. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(15\)60850-7](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(15)60850-7)
- Sinha, S. N. (2019). *Air pollution from solid fuels* (2.<sup>a</sup> ed.). *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11266-7>
- SINIA. (2019). Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM: decreto supremo que aprueba el protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad>
- SMADT. (2019). *Temporada de estiaje y contaminación atmosférica*. Guadalajara. Recuperado de [https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/temporada\\_de\\_estiaje\\_](https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/temporada_de_estiaje_)

y\_contaminacion\_atmosferica\_dis2019.pdf

- Sompornrattanaphan, M., Thongngarm, T., Ratanawatkul, P., Wongsas, C., & Swigris, J. J. (2020). The contribution of particulate matter to respiratory allergy. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 38(1), 19-28. <https://doi.org/10.12932/AP-100619-0579>
- Soto, D. E. (2017). *Análisis y planificación vial del tránsito vehicular en el cercado de la ciudad de Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5238>
- Speight, J. G. (2017). Chemicals and the environment. En J. G. Speight (Ed.), *Chemical & Engineering News Archive* (pp. 1-41). <https://doi.org/10.1021/cen-v061n019.p003>
- Speight, J. G. (2020). Water systems. En *Natural Water Remediation* (pp. 1-51). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803810-9.00001-2>
- STANFORD. (2013). Infecciones por Haemophilus influenza. En *Red Book (2012) - Spanish* (pp. 345-352). American Academy of Pediatrics. <https://doi.org/10.1542/9781581108026-part03-infecciones22>
- Stege, T. A. M., Bolte, J. F. B., Claassen, L., & Timmermans, D. R. M. (2021). Development and usability of educational material about workplace particulate matter exposure. *BMC Public Health*, 21(1), 198. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10197-x>
- Steinhoff, M. C., Cherian, T., & Schlaudecker, E. P. (2011). Haemophilus influenzae. En *Tropical Infectious Diseases: Principles, Pathogens and Practice* (pp. 193-195). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-3935-5.00027-6>
- Suárez-Salas, L., Álvarez, D., Bendezú, Y., & Pomalaya, J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(2), 187-199. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i2.197>
- Sulaymon, I. D., Mei, X., Yang, S., Chen, S., Zhang, Y., Hopke, P. K., ... Zhang, Y. (2020). PM<sub>2.5</sub> in Abuja, Nigeria: chemical characterization, source apportionment, temporal variations, transport pathways and the health risks assessment. *Atmospheric Research*, 237, 104833. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104833>
- Symoens, F., Jousson, O., Planard, C., Fratti, M., Staib, P., Mignon, B., & Monod, M. (2011). Molecular analysis and mating behaviour of the Trichophyton mentagrophytes species complex. *International Journal of Medical Microbiology*, 301(3), 260-266.

<https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2010.06.001>

- Szymczak, W. A., Levi, M. H., Johnston, J. W., & Apicella, M. A. (2015). Haemophilus Influenzae☆. En *Reference Module in Biomedical Sciences* (pp. 481-494). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.02294-7>
- Tejada, C. O. (2018). “*Evaluación de la afectación en la población y el ambiente por la generación de material particulado (PM2.5) en el Barrio Huayco – distrito de Tarapoto – provincia de San Martín – 2018*” (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27024/Tejada\\_RCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27024/Tejada_RCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Thorne, P. S. (2019). *Industrial livestock production facilities: airborne emissions* (Second Edi). *Encyclopedia of Environmental Health* (Vol. 3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11862-7>
- Tituaña, C. A. (2019). *Validación del método para la determinación de material particulado PM-10 y PM-2,5 en aire ambiente* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29417/1/BQ\\_179.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29417/1/BQ_179.pdf)
- Torres, K. J. (2018). *Evaluación de la concentración de material particulado en la explotación de áridos de la parroquia San Simón-Bolívar*. Universidad de Las Américas. Recuperado de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2794760>
- Trelles, R. (2018). *Determinación del material particulado (PM 10 Y PM 2.5), dióxido de azufre (So2), dióxido de nitrógeno (No2) y monóxido de carbono (Co) en el distrito de Ocoruro-provincia Espinarregión Cusco. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN FACULTAD.* Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6733/AMtrmorc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tsai, C. W., Hsiao, Y.-R., Lin, M.-L., & Hsu, Y. (2020). Development of a noise-assisted multivariate empirical mode decomposition framework for characterizing PM 2.5 air pollution in Taiwan and its relation to hydro-meteorological factors. *Environment International*, 139(March), 105669. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105669>

- Tsurumi, T., & Managi, S. (2020). Health-related and non-health-related effects of PM2.5 on life satisfaction: evidence from India, China and Japan. *Economic Analysis and Policy*, 67, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.06.002>
- Uçkay, I., Harbarth, S., Ferry, T., Lübbecke, A., Emonet, S., Hoffmeyer, P., & Pittet, D. (2011). Meticillin resistance in orthopaedic coagulase-negative staphylococcal infections. *Journal of Hospital Infection*, 79(3), 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2011.06.014>
- Vallero, D. (2018). Air. En *Translating Diverse Environmental Data into Reliable Information* (1.ª ed., pp. 125-152). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812446-8.00005-0>
- Vallero, D. (2019). Air pollution dispersion models. En *Air Pollution Calculations* (1.ª ed., pp. 429-448). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814934-8.00014-4>
- Valtek. (s. f.). *Agar Manitol - Sal*. Recuperado de <https://www.valtek.cl/wp-content/uploads/2020/02/Agar-Manitol-Sal-Placas-Valtek-Version-3.pdf>
- Van der Kamp, J. (2019). *Social cost-benefit analysis of air pollution control measures at industrial point emission sources: methodological overview and guidance for the assessment of health-related damage costs* (2.ª ed.). *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10648-7>
- Vara, M. E. (2017). *Contaminación atmosférica con material particulado en la ciudad del Cusco - y su comportamiento – 2016* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4426/QUDvalime.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vázquez-Rojas, A. (2020). Factores de riesgo de las enfermedades diarreicas agudas en menores de cinco años. *Revista de Enfermedades Infecciosas en Pediatría*, 33(133), 1713-1717.
- Ventura, N., Morales, I., & Gelabert, R. (2019). Contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias en Cochabamba, Bolivia. *Revista Cuidarte*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.15649/cuidarte.870>
- Viena, J. F. (2015). *Control biológico de Verticillium dahliae patógeno de cacao (Theobroma cacao), con aislamiento de trichoderma spp Endófito*. Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/669>

- Vircell. (2018). Productos relacionados. Recuperado de <https://www.vircell.com/enfermedad/27-candida-albicans/>
- Vo, T. T. T., Wu, C.-Z., & Lee, I.-T. (2020). Potential effects of noxious chemical-containing fine particulate matter on oral health through reactive oxygen species-mediated oxidative stress: promising clues. *Biochemical Pharmacology*, 182(October), 114286. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114286>
- Vu, B. N., Tapia, V., Ebelt, S., Gonzales, G. F., Liu, Y., & Steenland, K. (2021). The association between asthma emergency department visits and satellite-derived PM<sub>2.5</sub> in Lima, Peru. *Environmental Research*, 199(May), 111226. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111226>
- Walworth, J., & Pepper, I. L. (2019). Physical contaminants. En *Environmental and Pollution Science* (3.<sup>a</sup> ed., pp. 163-173). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00011-2>
- Wang, Shanshan, Hu, G., Yu, R., Shen, H., & Yan, Y. (2021). Bioaccessibility and source-specific health risk of heavy metals in PM<sub>2.5</sub> in a coastal city in China. *Environmental Advances*, 4(February), 100047. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100047>
- Wang, Shenbo, He, B., Yuan, M., Su, F., Yin, S., Yan, Q., ... Tang, X. (2019). Characterization of individual particles and meteorological conditions during the cold season in Zhengzhou using a single particle aerosol mass spectrometer. *Atmospheric Research*, 219(December 2018), 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.12.021>
- Wang, Y., Xiong, L., & Tang, M. (2017). Toxicity of inhaled particulate matter on the central nervous system: neuroinflammation, neuropsychological effects and neurodegenerative disease. *Journal of Applied Toxicology*, 37(6), 644-667. <https://doi.org/10.1002/jat.3451>
- Wang, Z. (2018). *Energy and air pollution. Comprehensive Energy Systems* (Vol. 1-5). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809597-3.00127-9>
- Wise, J. T. F., Shi, X., & Zhang, Z. (2019). Toxicology of chromium (VI). En *Encyclopedia of Environmental Health* (2.<sup>a</sup> ed., pp. 1-8). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11455-1>
- Xie, Z., Li, Y., & Qin, Y. (2020). Allocation of control targets for PM<sub>2.5</sub> concentration: An empirical study from cities of atmospheric pollution transmission channel in the Beijing-



- Tianjin-Hebei district. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122545.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122545>
- Xu, X., & Zhang, T. (2020). Spatial-temporal variability of PM<sub>2.5</sub> air quality in Beijing, China during 2013–2018. *Journal of Environmental Management*, 262(January), 110263.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110263>
- Xue, Y., Chu, J., Li, Y., & Kong, X. (2020). The influence of air pollution on respiratory microbiome: a link to respiratory disease. *Toxicology Letters*, 334(727), 14-20.  
<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.09.007>
- Yadav, I. C., & Devi, N. L. (2019). *Biomass burning, regional air quality, and climate change* (2.<sup>a</sup> ed.). *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11022-X>
- Yang, L., Li, C., & Tang, X. (2020). The Impact of PM<sub>2.5</sub> on the Host Defense of Respiratory System. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8(March), 1-9.  
<https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00091>
- Yang, T., Chen, R., Gu, X., Xu, J., Yang, L., Zhao, J., ... Wang, C. (2021). Association of fine particulate matter air pollution and its constituents with lung function: the China pulmonary health study. *Environment International*, 156(June), 106707.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106707>
- Yang, X., Jiang, L., Zhao, W., Xiong, Q., Zhao, W., & Yan, X. (2018). Comparison of ground-based PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations in China, India, and the U.S. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1382.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph15071382>
- Yeh, S. H. (2012). Haemophilus influenzae Type b. En *Netter's Infectious Diseases* (pp. 15-18). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-0126-5.00004-5>
- Yiğit, E., & Garcia, R. R. (2018). *Meteorology, dynamic (stratosphere)*. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11611-2>
- Yin, G., Wu, X., Wu, Y., Li, H., Gao, L., Zhu, X., ... Chen, R. (2021). Evaluating carbon content in airway macrophages as a biomarker of personal exposure to fine particulate matter and its acute respiratory effects. *Chemosphere*, 283(June), 131179.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131179>

Zhang, X., Eto, Y., & Aikawa, M. (2021). Risk assessment and management of PM<sub>2.5</sub>-bound heavy metals in the urban area of Kitakyushu, Japan. *Science of The Total Environment*, 795, 148748. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148748>

Zhou, L., Tao, Y., Li, H., Niu, Y., Li, L., Kan, H., ... Chen, R. (2021). Acute effects of fine particulate matter constituents on cardiopulmonary function in a panel of COPD patients. *Science of The Total Environment*, 770, 144753. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144753>

Zielinska, B., & Samburova, V. (2019). *Residential and non-residential biomass combustion: impacts on air quality* (Second Edi). *Encyclopedia of Environmental Health* (Vol. 5). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11659-8>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Cálculo de concentración de medios de cultivo.

Capacidad de las placas petri: 19 mL

Cantidad de repeticiones por agar: 16

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

Cantidad de agua destilada a utilizar: 1000 mL

#### Agar macconkey

$$19 \text{ mL} * 16 = 304 \text{ mL}$$

$$50 \text{ g} \longrightarrow 1000 \text{ mL X}$$

$$\text{g} \longleftarrow 304 \text{ mL}$$

$$X = 15.2 \text{ g}$$

#### Agar manitol

$$19 \text{ mL} * 16 = 304 \text{ mL}$$

$$108 \text{ g} \longrightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$X \text{ g} \longleftarrow 304 \text{ mL}$$

$$X = 32.83 \text{ g}$$

#### Agar nutritive - sangre

$$19 \text{ mL} * 16 = 304 \text{ mL}$$

$$20 \text{ g} \longrightarrow 1000 \text{ mL X}$$

$$\text{g} \longleftarrow 304 \text{ mL}$$

$$X = 6.08 \text{ g}$$

#### Agar nutritive - chocolate

$$19 \text{ mL} * 16 = 304 \text{ mL}$$

$$20 \text{ g} \longrightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$X \text{ g} \longleftarrow 304 \text{ mL X}$$

$$= 6.08 \text{ g}$$

### Agar cetrimide

$$19 \text{ mL} * 16 = 304 \text{ mL}$$

$$45.3 \text{ g} \longrightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$X \text{ g} \longleftarrow 304 \text{ mL}$$

$$X = 13.7 \text{ g}$$

### \*\*Glicerol

$$1000 \text{ mL} \text{ ----} > 10 \text{ mL glicerol}$$

$$304 \text{ mL} \text{ ----} > X$$

$$X = 3.04 \text{ mL}$$

### Agar sabouraud

$$19 \text{ mL} * 16 = 304 \text{ mL}$$

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

$$X \text{ g} \longleftarrow 304 \text{ mL}$$

$$X = 19.76 \text{ g}$$

## ANEXO 2. Estándares de calidad ambiental nacional e internacional

**Tabla 8**

*Estándar Nacional de Calidad para Aire*

Parámetro	Periodo	Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Criterio de evaluación	Método de análisis
Benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética Anual	
Material particulado con	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)

diámetro menor a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> )	Anual	25	Media aritmética Anual	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio gaseoso total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)
				o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) (Métodos automáticos)
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

*Nota.* Esta tabla indica los Estándares de Calidad Ambiental para aire según en D.S N°003-2017 (MINAM, 2017).

**Tabla 9***Normativa Internacional EPA para material particulado en el aire*

<b>Parámetros</b>	<b>Periodo</b>	<b>Valor (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras ( $\text{PM}_{2.5}$ )	Promedio anual	15
	Promedio para 24 horas	65
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ )	Promedio anual	50
	Promedio para 24 horas	150

*Nota.* La tabla indica los estándares de calidad ambiental para  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  (EPA, 2016).

**Tabla 10***Normativa Internacional OMS para material particulado en el aire*

<b>Parámetros</b>	<b>Periodo</b>	<b>Valor (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras ( $\text{PM}_{2.5}$ )	Media anual	10
	Media de 24 horas	25
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ )	Media anual	20
	Media de 24 horas	50

*Nota.* Esta tabla muestra los estándares de calidad ambiental para  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  (OMS, 2005).

### ANEXO 3. Estándares internacionales para metales en el aire

**Tabla 11**

*Normativa Internacional EPA para metales en el aire*

Metal	Símbolo	Concentraciones típicas en el aire ambiental ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		Rural	Urbano	Industrial
Antimonio	Sb	<0.001	0.032	0.55
Arsénico	As	0.002	0.02	7.6
Berilio	Be	0.0001	0.002	0.01
Cadmio	Cd	0.001	0.008	0.6
Cromo	Cr	0.002	0.02	0.4
Cobalto	Co	0.0001	0.0005	0.61
Cobre	Cu	0.01	0.29	0.87
Hierro	Fe	0.3	1.6	7.0
Plomo	Pb	0.02	0.04	0.76
Manganeso	Mn	0.001	0.02	0.3
Mercurio	Hg	0.0001	0.014	0.041
Níquel	Ni	0.006	0.02	0.17
Selenio	Se	0.0001	0.015	0.03
Plata	Ag	0.0005	0.004	0.037
Vanadio	Va	0.0008	0.065	0.5
Zinc	Zn	0.006	0.103	5.0

*Nota.* Esta tabla indica los valores máximos de concentración de metales en el aire (Geiger & Cooper, 2010).

#### ANEXO 4. Operacionalización de variables

**Tabla 12**

*Operacionalización de variables independiente y dependientes*

NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	TÉCNICA E INSTRUMENTO
<p><b>Variable Independiente:</b> Material particulado 2.5</p>	<p>Partícula de diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros</p>	<p>Estándar de Calidad Ambiental para aire PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>CFR 40- part 50-2014 (Gravimetría)</p>
<p><b>Variables Dependientes:</b> ➤ Microbiología en material particulado 2.5</p>	<p>➤ Estudio de microorganismos adheridos y/o contenidos en el material particulado 2.5</p>	<p>Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/mL)</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>Dilución en cultivos (Agares)</p>
<p>➤ Metales totales en material particulado 2.5</p>	<p>➤ Elementos químicos metálicos adheridos y/o contenidos en el material particulado 2.5</p>	<p>Concentración de metales en PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>➤ EPA IO-3.4 1999</p>



## ANEXO 5. Matriz de consistencia

**Tabla 13**

*Matriz de consistencia del trabajo de investigación*

TITULO “CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA Y DE METALES TOTALES EN MATERIAL PARTICULADO IGUAL O MENOR A 2.5 MICRAS EN EL ÁREA URBANA DE JULIACA”			
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
GENERAL	GENERAL	GENERAL	
¿Existe contaminación de PM <sub>2.5</sub> por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca?	Evaluar la contaminación de PM <sub>2.5</sub> por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca.	Existe contaminación de PM <sub>2.5</sub> por la presencia de microorganismos y metales totales en el área urbana de Juliaca	<b>Variable Independiente:</b>  Material Particulado PM <sub>2.5</sub>
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿La concentración de PM<sub>2.5</sub> supera el valor máximo de 50 µg/m<sup>3</sup> establecido por el Ministerio del Ambiente en el Estándar de Calidad Ambiental para aire?</li> <li>➤ ¿Existe la presencia de microorganismos como bacterias y hongos en PM<sub>2.5</sub>?</li> <li>➤ ¿Cuál es la concentración de metales totales en las muestras de PM<sub>2.5</sub>?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Determinar la concentración de PM<sub>2.5</sub> en el área urbana de Juliaca.</li> <li>➤ Cuantificar el número de unidades formadoras de colonias de bacterias y hongos en PM<sub>2.5</sub> en el área urbana de Juliaca.</li> <li>➤ Evaluar la concentración de metales totales en PM<sub>2.5</sub> en el área urbana de Juliaca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La concentración de PM<sub>2.5</sub> supera el valor máximo de 50 µg/m<sup>3</sup> establecido por el Ministerio del Ambiente en el ECA para aire.</li> <li>➤ Existe la presencia de microorganismos como bacterias y hongos en PM<sub>2.5</sub></li> <li>➤ Las concentraciones de metales totales en las muestras de PM<sub>2.5</sub> no representan riesgos según el EPA aire.</li> </ul>	<b>Variables Dependientes:</b>  Metales totales en PM <sub>2.5</sub>  Microorganismos en PM <sub>2.5</sub>

ANEXO 6. Diagrama de flujo del procedimiento de ejecución de la investigación.

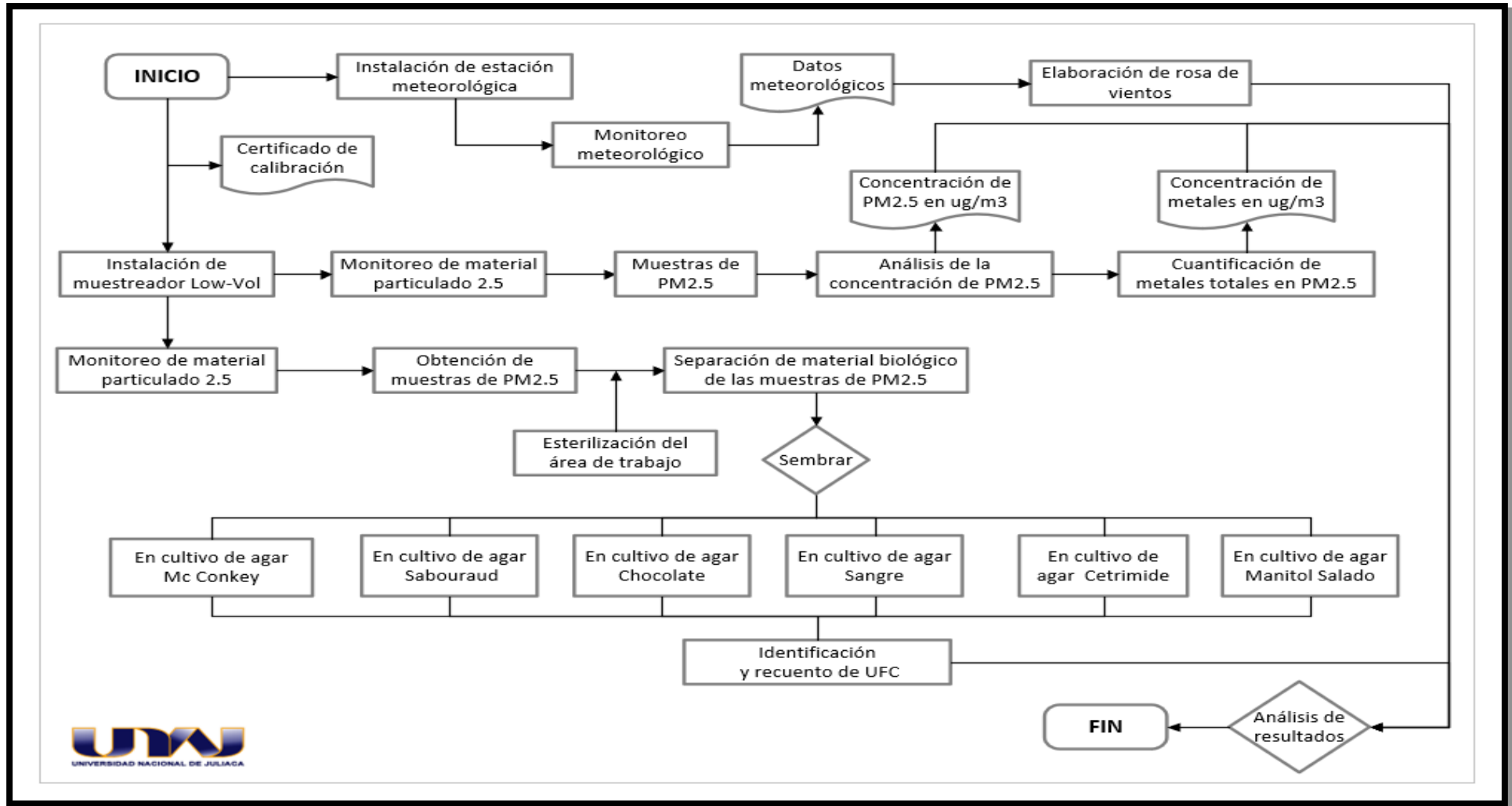


Figura 18. Diagrama de flujo de los métodos a realizar.

**ANEXO 7. Gráfico de metales totales en PM<sub>2.5</sub> según la estación de monitor**

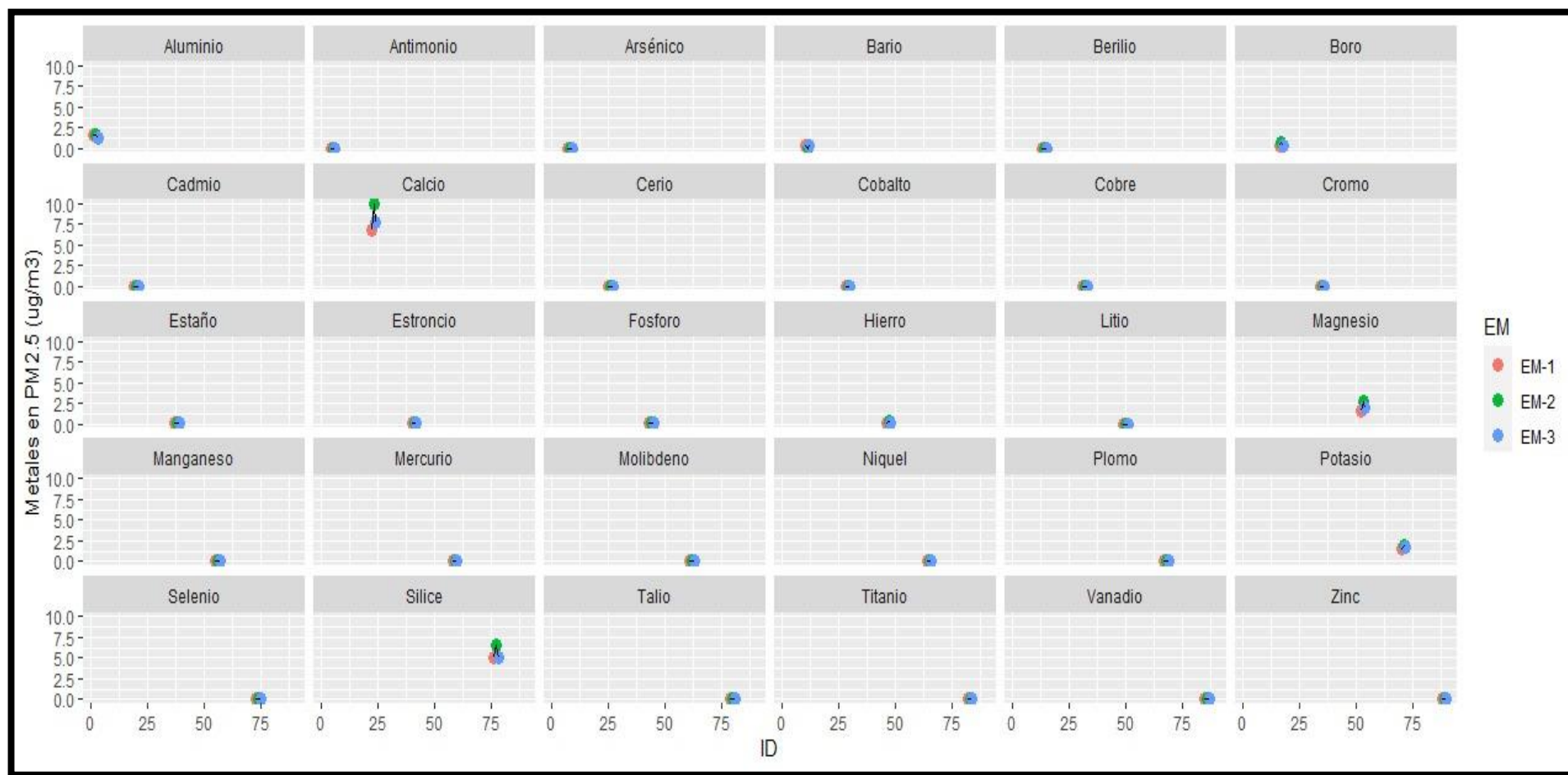


Figura 19. Metales totales en PM<sub>2.5</sub> según la estación de monitoreo.

## ANEXO 8. Panel fotográfico de ejecución del trabajo de investigación.



Figura 20. Prueba de monitoreo – Estación meteorológica.



Figura 21. Traslado de equipos de monitoreo de aire Arequipa – Juliaca.



Figura 22. Prueba de monitoreo – PARTISOL.

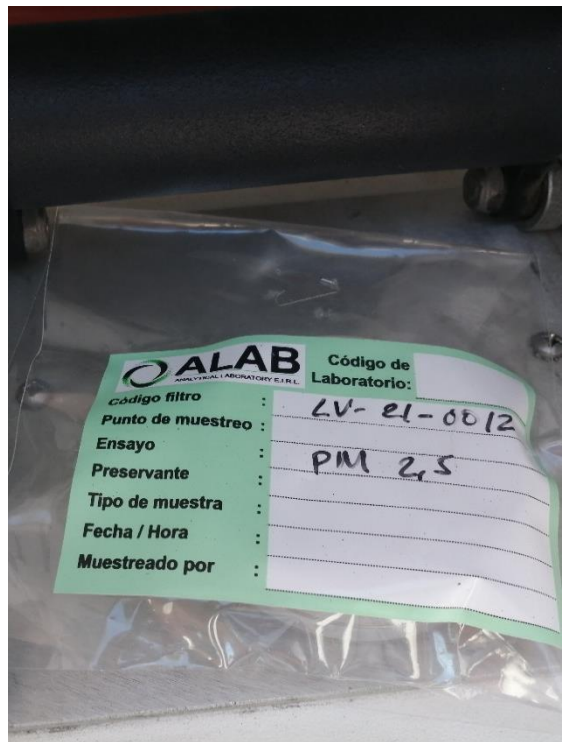
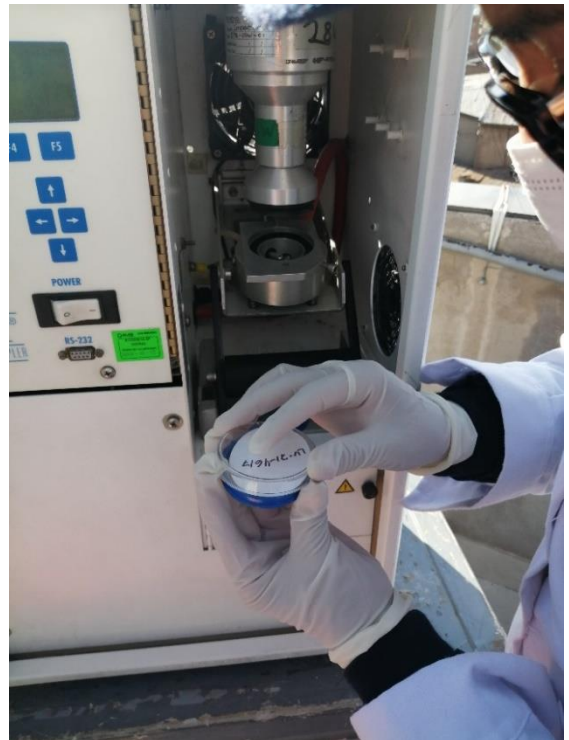


Figura 23. Filtro de teflón a usar en prueba de monitoreo de PM<sub>2.5</sub>





*Figura 24.* Verificación de las buenas condiciones del filtro de teflón.



*Figura 25.* Colocación del filtro de teflón al equipo de muestreador de partículas.



*Figura 26.* Colocación del portafiltro al muestreador PARTISOL.



*Figura 27.* Configuración de muestreador PM<sub>2.5</sub> PARTISOL.



Figura 28. Configuración de la estación meteorológica Davis Pro.



Figura 29. Configuración de muestreador PM<sub>2.5</sub> PARTISOL.

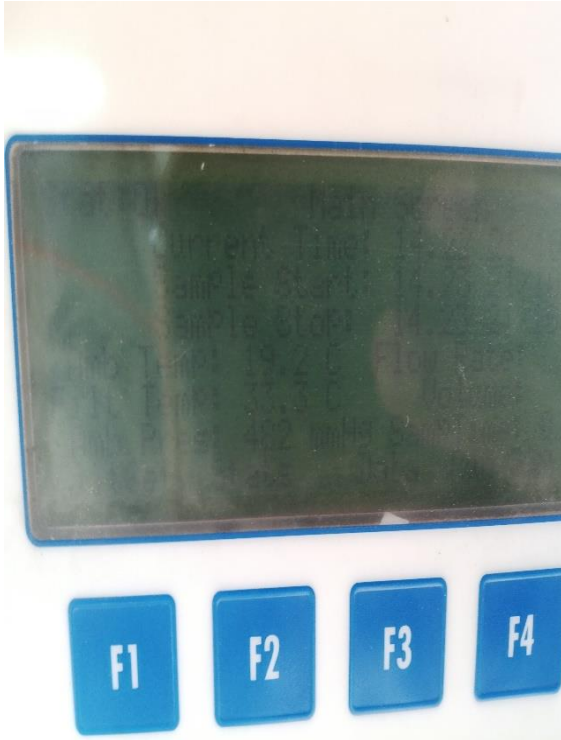


Figura 30. Finalización de monitoreo EM-1.



Figura 31. Muestra de PM<sub>2.5</sub> de EM-1.





*Figura 32.* Configuración del tablero del PARTISOL.



*Figura 33.* Colocación del portafiltro al muestreador PARTISOL.



*Figura 34.* Estación de monitoreo 2 Pedro Vilcapaza – día 1.



*Figura 35.* Estación de monitoreo 2 Pedro Vilcapaza – día 2.



Figura 36. Muestra de PM<sub>2.5</sub> de EM-2 Pedro Vilcapaza.



Figura 37. Equipo de monitoreo de PM<sub>2.5</sub> PARTISOL.

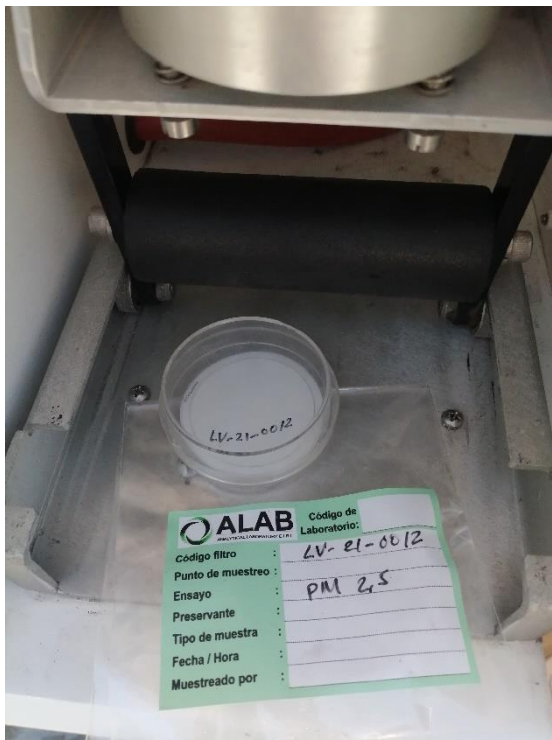


Figura 38. Filtro de teflón EM-3 Óvalo de Salida Cusco.



Figura 39. Muestra de PM<sub>2.5</sub> de EM-2 para análisis microbiológico.





Figura 40. Colocación del portafiltro al muestreador PARTISOL EM-3.



Figura 41. Salida del portafiltro del PARTISOL.



Figura 42. Configuración de estación meteorológica.



Figura 43. Configuración de muestreador PM<sub>2.5</sub> PARTISOL.



Figura 44. Equipo de monitoreo de PM<sub>2.5</sub> PARTISOL EM-3.

184

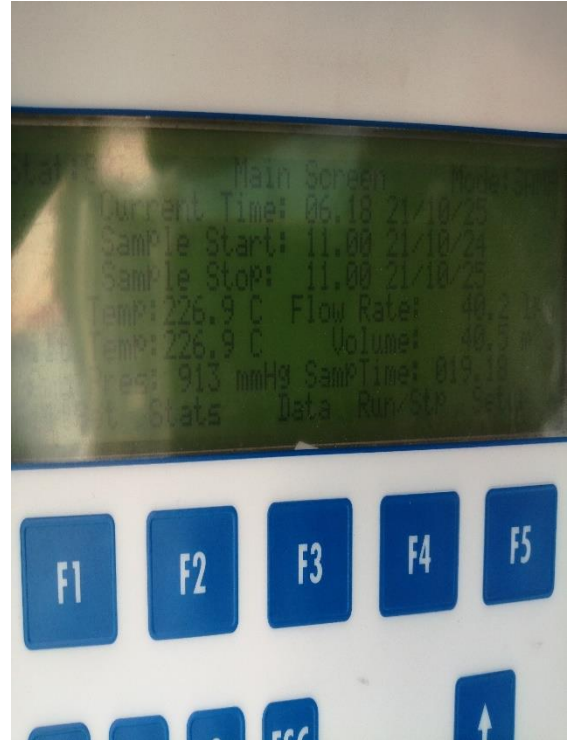


Figura 45. Tablero de control PARTISOL.



Figura 46. Filtro de cuarzo con muestra de PM<sub>2.5</sub> dentro de un frasco esterilizado.

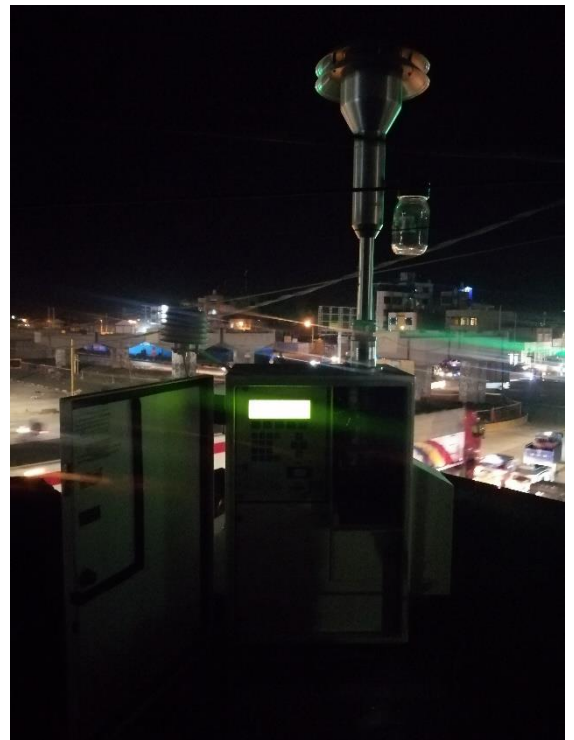
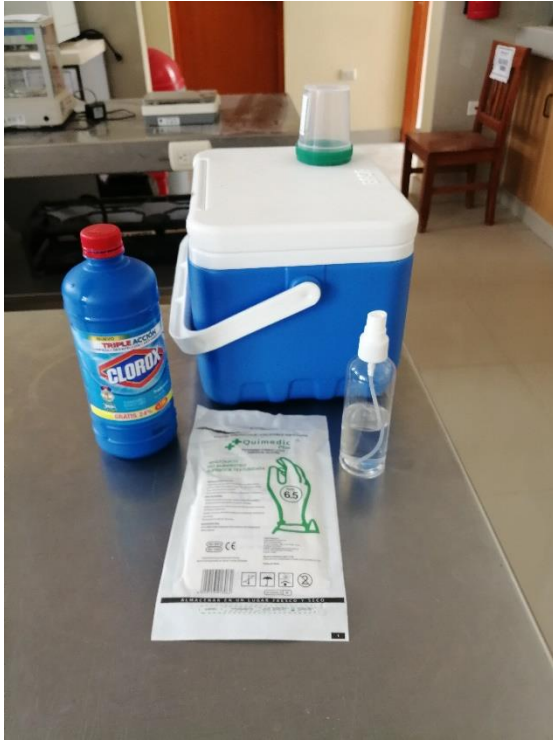


Figura 47. Equipo de monitoreo de PM<sub>2.5</sub> PARTISOL EM-3.





*Figura 48.* Materiales de desinfección y envases esterilizados.



*Figura 49.* Lavado de placas petri.



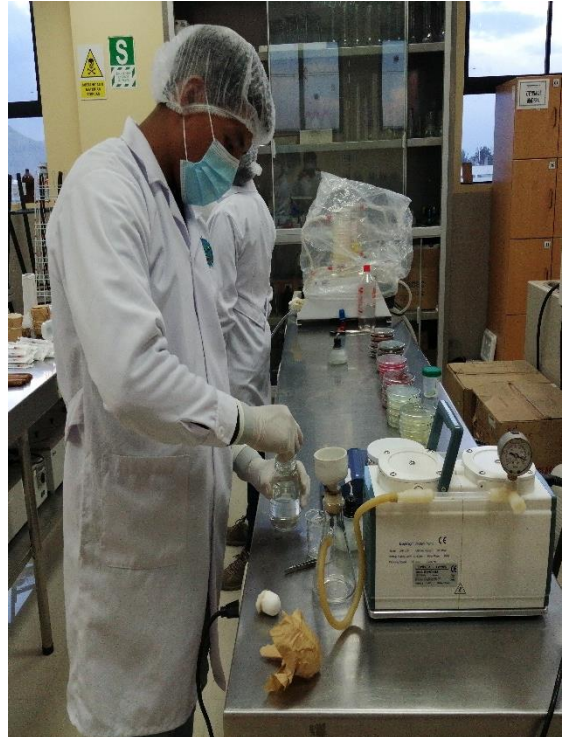
*Figura 50.* Limpieza y desinfección del área de trabajo.



*Figura 51.* Introducción de placas petri a la autoclave.



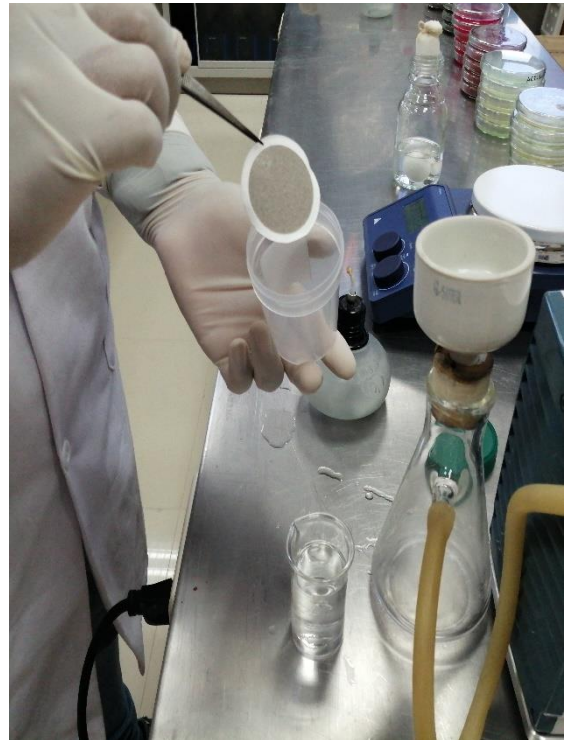
*Figura 52.* Medios de cultivo preparados.



*Figura 53.* Extracción de las muestras microbiológicas.



*Figura 54.* Adición de glicerol al agar Cetrimide.



*Figura 55.* Retiro de filtro teflón.





*Figura 56.* Esterilización del asa de siembra microbiológica.



*Figura 57.* Medios de cultivo después de haber sido retirados de la autoclave.



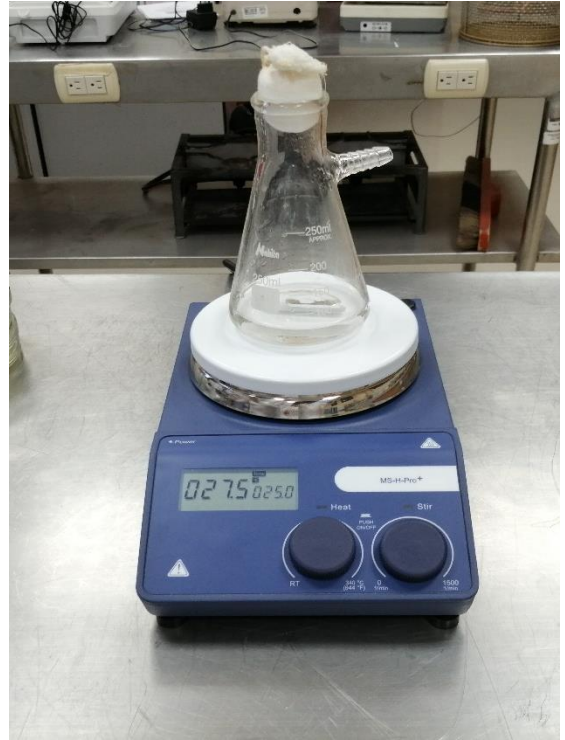
*Figura 58.* Incubación de muestras.



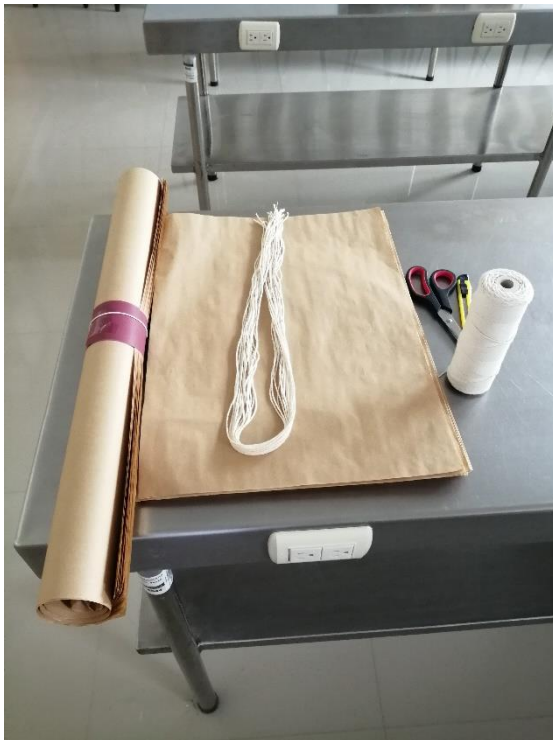
*Figura 59.* Siembra de muestras microbiológicas en agar chocolate.



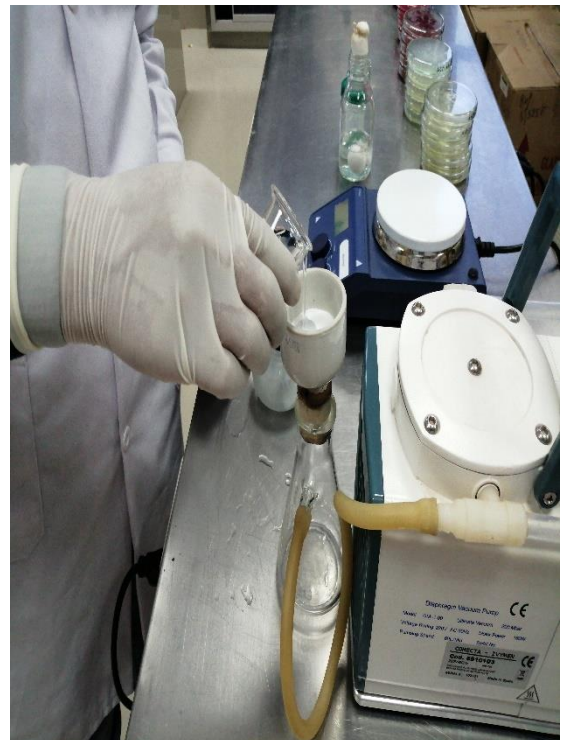
*Figura 60.* Agares de la marca alemana Merck.



*Figura 61.* Homogenización de muestras con agitador magnético.

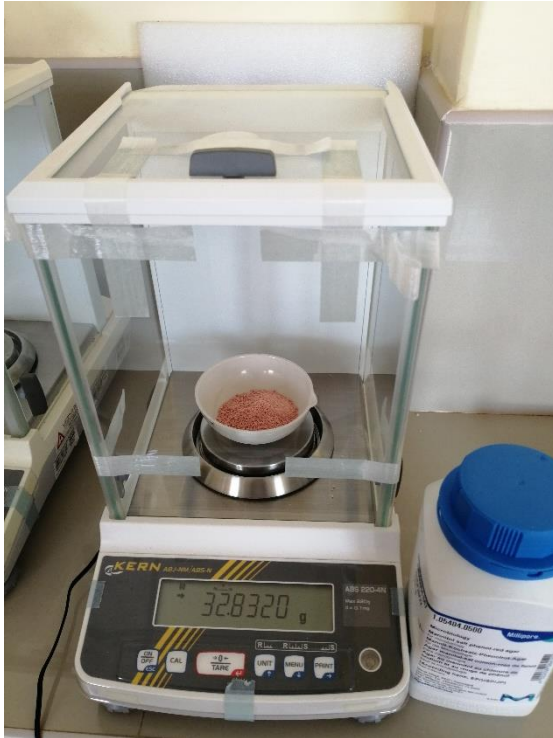


*Figura 62.* Materiales para envolver las placas petri.



*Figura 63.* Bomba de vacío extrayendo las muestras de PM<sub>2.5</sub>.

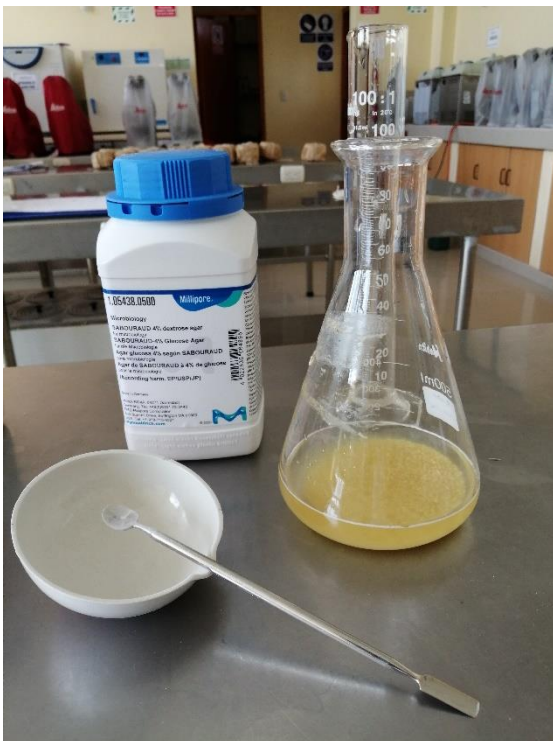




*Figura 64.* Pesado de la cantidad de agar en crisol.



*Figura 65.* Matracas con agua destilada.



*Figura 66.* Mezcla de agua destilada junto a agar sabouraud.



*Figura 67.* Rotulado y codificación respectiva de los medios de cultivo.



*Figura 68.* Medios de cultivo dentro de una autoclave de 50 L.



*Figura 69.* Homogenización de glicerina y agar sabouraud.



*Figura 70.* Verificación previa y durante la esterilización.



*Figura 71.* Matracas con medio de cultivo.





*Figura 72.* Mezcla de sangre con agar nutritivo para el agar sangre y chocolate.



*Figura 73.* Programación de autoclave, esterilización a 121°C.



*Figura 74.* Rotulado y codificación de medios de cultivo.



*Figura 75.* Medios de cultivo correspondientes, previo al autoclavado.



Figura 76. Muestra dentro de una cuenta colonia electrónica.



Figura 77. Incubación de medios cultivo.



Figura 78. Medios de cultivo con muestras microbiológicas sembradas listas para ser cuantificadas.



Figura 79. Preparación de medios de cultivo.





Figura 80. *Pseudomonas aeruginosa* a través de un microscopio electrónico.

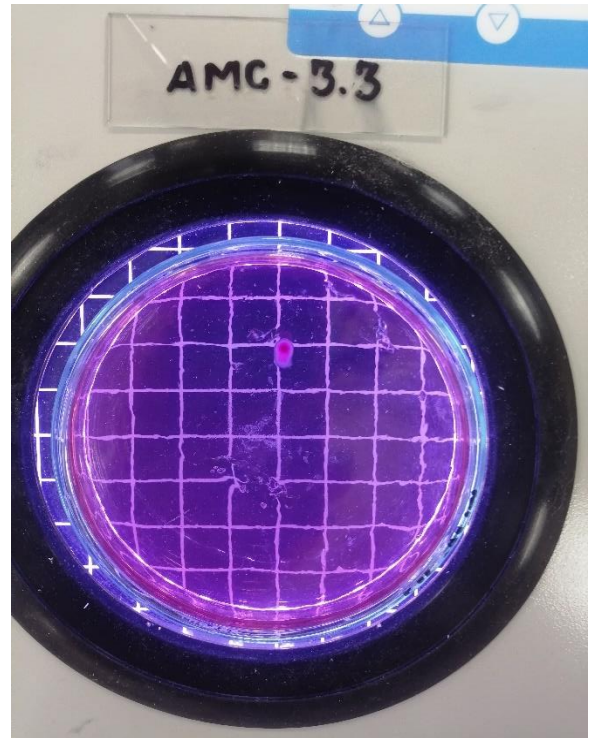


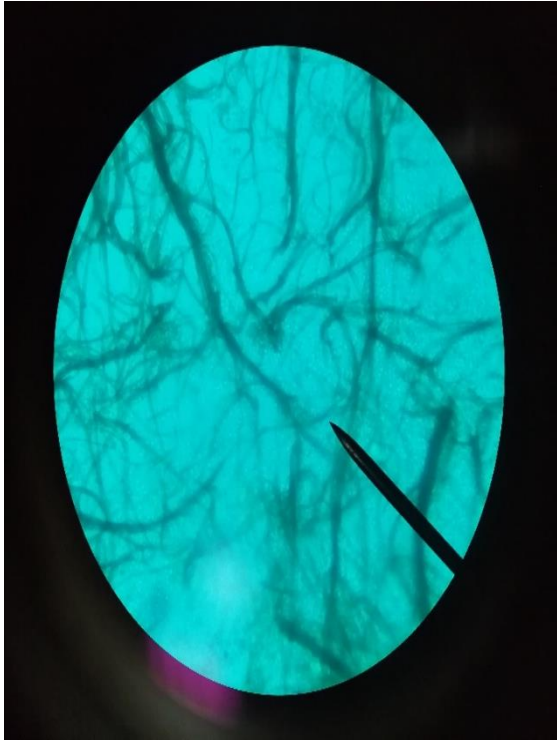
Figura 81. Agar mcconkey, para ser cuantificadas.



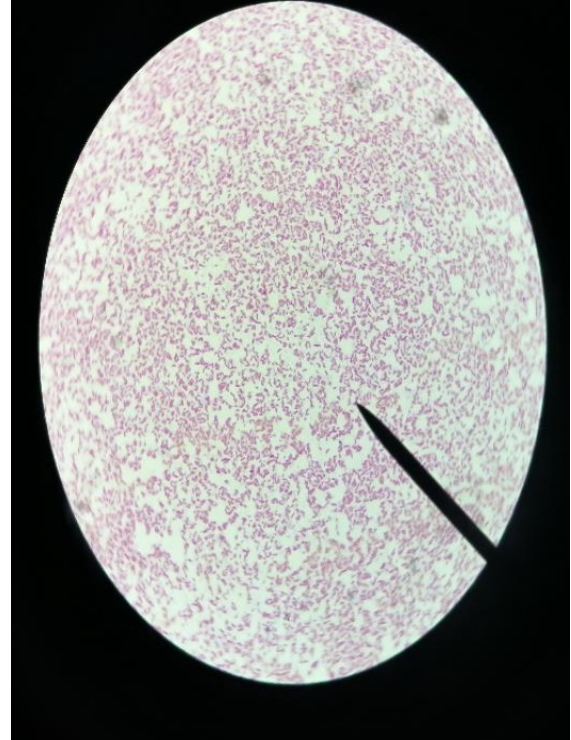
Figura 82. Muestra microbiológica post tinción gram.



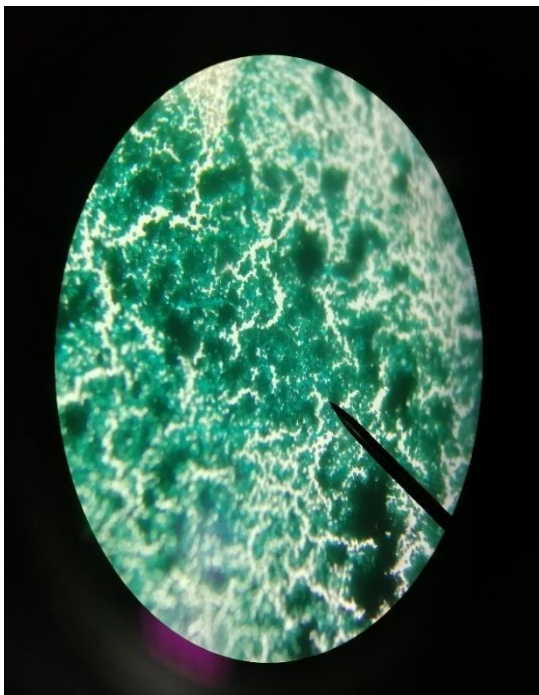
Figura 83. Agar Cetrinide, de las 3 estaciones de monitoreo.



*Figura 84. Penicillium commune* a través de un microscopio electrónico.



*Figura 85. Escherichia coli* a través de un microscopio electrónico.



*Figura 86. Muestra microbiológica* post tinción gram.



*Figura 87. Muestra número 3* de estación de monitoreo 3.



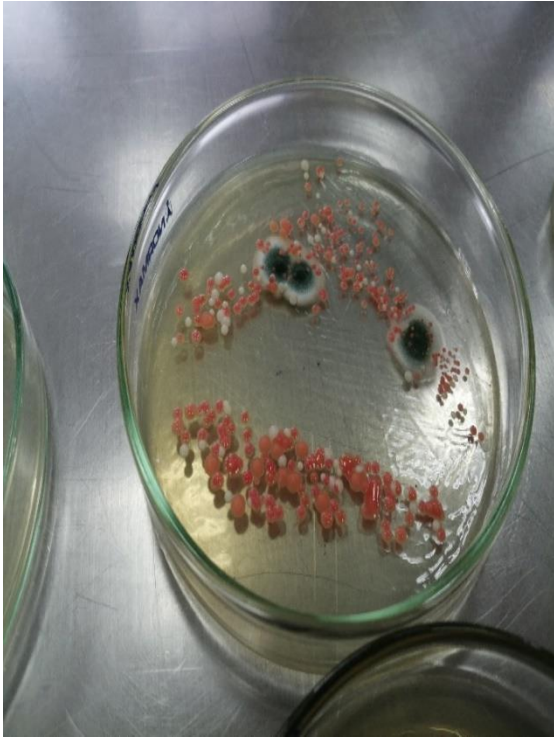


Figura 88. Vista general de las muestras microbiológicas.

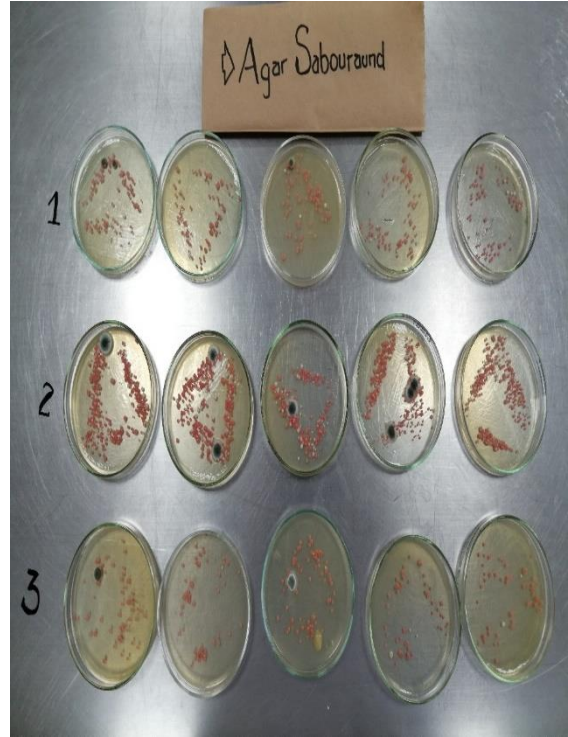


Figura 89. Agar Sabouraud, de las 3 estaciones de monitoreo.

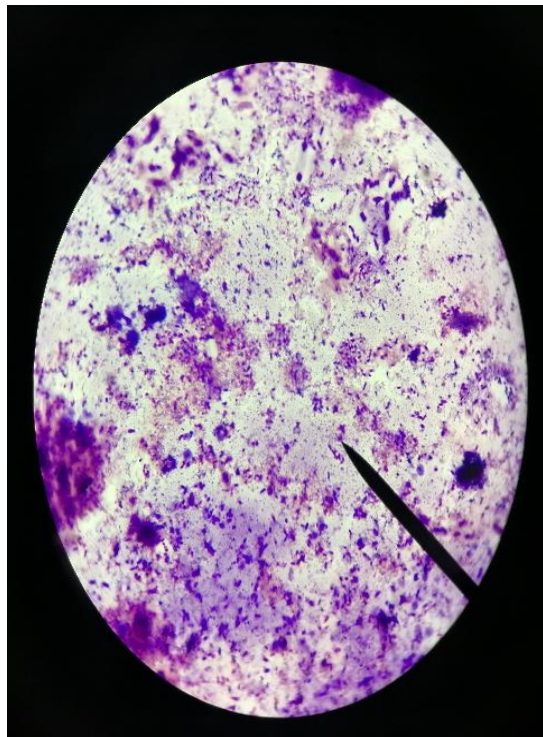


Figura 90. *Candida albicans* a través de un microscopio electrónico.

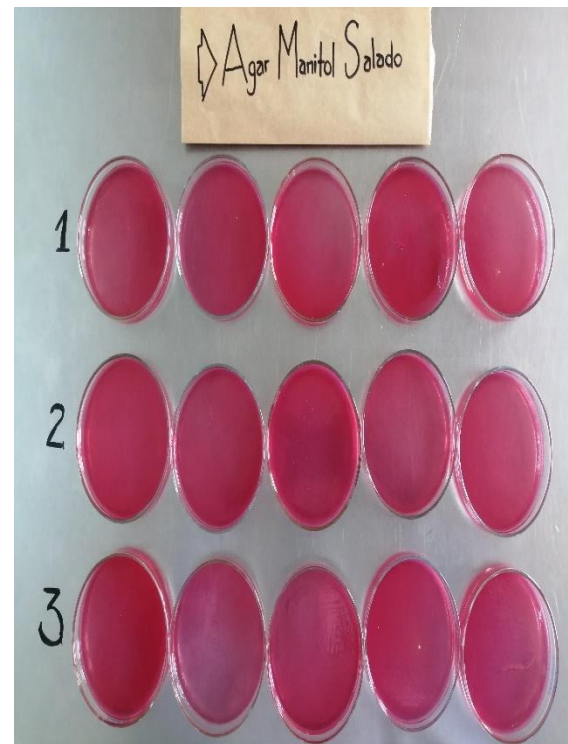


Figura 91. Agar Manitol Salado, de las 3 estaciones de monitoreo.



Figura 92. Muestra microbiológica junto a una cuenta colonia electrónica.



Figura 93. Crecimiento de microorganismo en agar manitol salado.



Figura 94. Agar sangre, de las 3 estaciones de monitoreo.

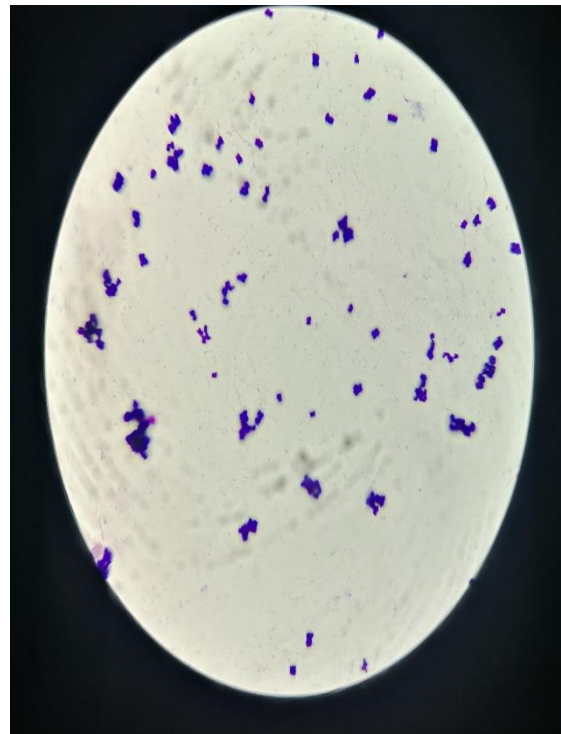


Figura 95. *Staphylococcus epidermidis* a través de un microscopio electrónico.



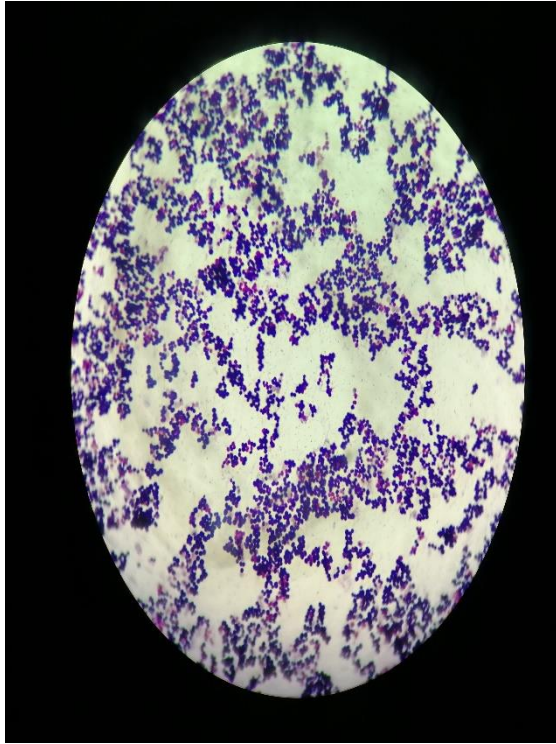


Figura 96. *Staphylococcus aureus* a través de un microscopio electrónico.

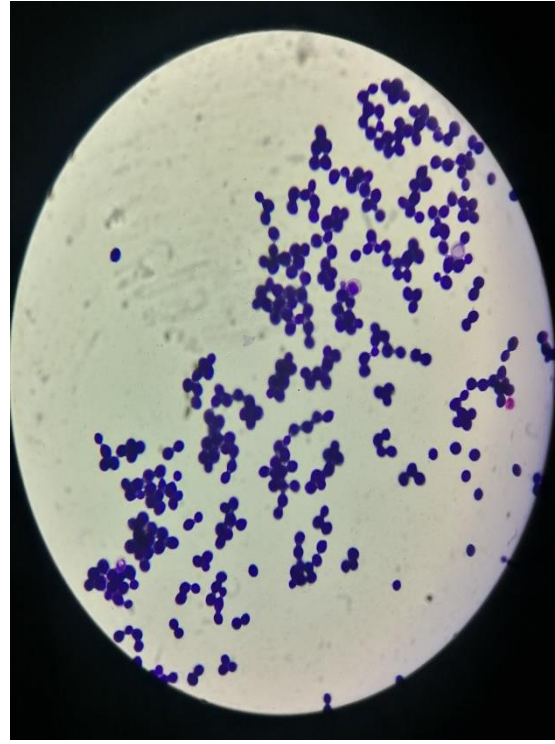


Figura 97. Bacteria *Staphylococcus aureus* a través de un microscopio electrónico.

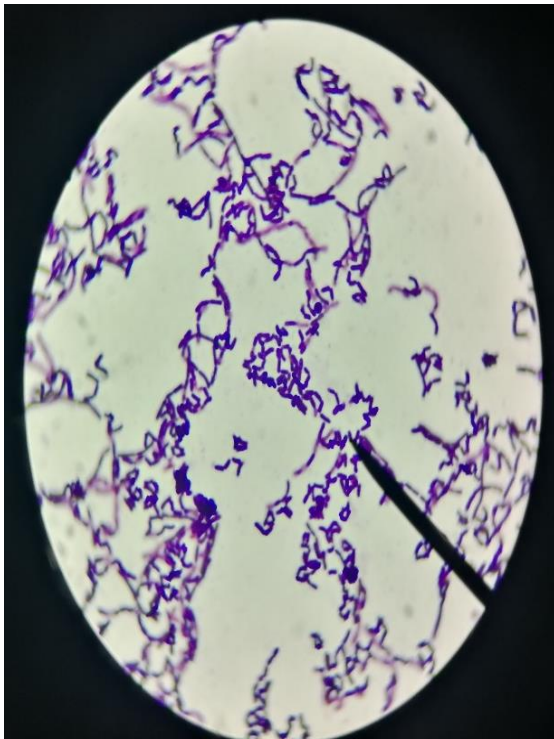
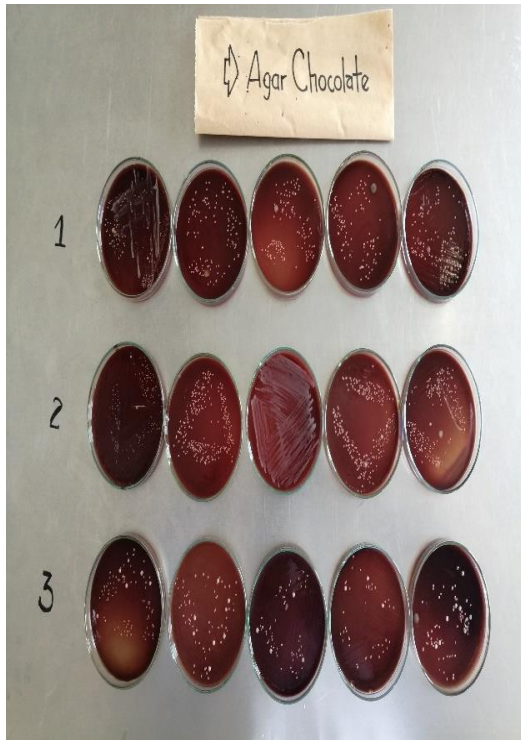


Figura 98. *Enterococcus spp.* a través de un microscopio electrónico.



Figura 99. Crecimiento de microorganismo en agar chocolate.



*Figura 100.* Agar chocolate, de las 3 estaciones de monitoreo.



**ANEXO 9. Certificado de acreditación por parte de INACAL al laboratorio ALAB.**

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

**ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.**

**Laboratorio de Ensayo**

Prolongación Zarumilla, Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019  
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023

  
ESTELA CONTRERAS JUGO  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0547-2019/INACAL-DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°025-16/INACAL-DA  
Registro N° : LE-096




Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y ciudad de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/otorgada/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/otorgada/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver.02 DE-LAB-06

## ANEXO 10. Resultados de PM<sub>2.5</sub> y metales totales.

 <b>ALAB</b> ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 <b>IAS</b> ACCREDITED Técnicos Laboratorios TL-833	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 096	 <b>INACAL</b> DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096			
<b>INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14596</b>			
<b>I. DATOS DEL SERVICIO</b>			
1.-RAZON SOCIAL	:	PIERRE ALEJANDRO CAMINO TICONA	
2.-DIRECCIÓN	:	CALLE JUAN MANUEL POLAR 103 - 15 DE AGOSTO - PAUCARPATA	
3.-PROYECTO	:	CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA Y DE METALES TOTALES EN PM <sub>2.5</sub> EN EL AREA URB. JULIACA	
4.-PROCEDENCIA	:	JULIACA - PUNO	
5.-SOLICITANTE	:	PIERRE ALEJANDRO CAMINO TICONA	
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	:	OS-21-5577	
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	:	NO APLICA	
8.-MUESTREADO POR	:	EL CLIENTE	
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	:	2021-12-03	
<b>II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO</b>			
1.-PRODUCTO	:	Aire (Sólo Análisis)	
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	:	6	
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	:	2021-11-01	
4.-PERÍODO DE ENSAYO	:	2021-11-01 al 2021-11-05	
<p>Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p>			
<p>Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao Telf. +51 720636 / 443 1389 / 930 598 588 Email: ventas@alab.com.pe</p>			
			Página 1 de

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14596****III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Determinación de peso. Filtros PM2.5 Bajo volumen (*)	EPA CFR 40, Part 50, Appendix L, 2011 (Validado-Modificado), 2015	Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere.
Metales Totales - Filtros LV icp-oes <sup>2</sup>	EPA Compendium Method IO-3.4 1999	Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy

\*EPA\*: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>1</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14596

#### IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-55168	M-21-55169	M-21-55170	M-21-55171	M-21-55172	M-21-55173
CÓDIGO DEL CUENTE:	CM-1	CM-2	CM-3	CM-4	CM-5	CM-6
COORDENADAS:	E:378592.269	E:378592.269	E:379327.806	E:379327.806	E:378114.334	E:378114.334
UTM WGS 84:	N:8286668.317	N:8286668.317	N:8287799.7	N:8287799.7	N:8288073.536	N:8288073.536
PRODUCTO:	AIRE (SÓLO ANÁLISIS)					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	29-10-2021 15:45	28-10-2021 15:32	27-10-2021 14:23	26-10-2021 14:16	25-10-2021 11:50	24-10-2021 11:40
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-10-2021 15:45	28-10-2021 15:32	28-10-2021 14:23	27-10-2021 14:16	26-10-2021 11:50	25-10-2021 11:40
ENSAYO	RESULTADOS					
Determinación de peso. Filtros PM <sub>2.5</sub> Bajo Volumen (*)	48.34 $\mu\text{m}^3$	43.87 $\mu\text{m}^3$	54.62 $\mu\text{m}^3$	52.95 $\mu\text{m}^3$	58.56 $\mu\text{m}^3$	49.26 $\mu\text{m}^3$

\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

\*) Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.L.D.M.: Límite de detección del método,

"c"= Menor que el L.D.M.

"\*": No ensayado;NA: No Aplica



**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14596**

ITEM	1			2			3		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-55168			M-21-55170			M-21-55173		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CM-1			CM-3			CM-6		
COORDENADAS:	E-378592.269			E-379327.806			E-378114.334		
UTM WGS 84:	N:8286668.317			N:8287799.7			N:8288073.536		
PRODUCTO:	AIRE (SÓLO ANÁLISIS)								
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA								
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	29-10-2021 15:45			27-10-2021 14:23			25-10-2021 11:50		
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-10-2021 15:45			28-10-2021 14:23			26-10-2021 11:50		
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>					
<b>Metales Totales - Filtros LV ICP-OES</b>									
Aluminio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,04	0,12	1,605	1,623	1,275			
Antimonio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,014	0,048	0,003	0,003	0,003			
Arsénico <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,014	0,048	0,003	0,003	0,003			
Bario <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,002	0,008	0,260	0,036	0,238			
Berilio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000			
Boro <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,02	0,06	0,340	0,613	0,353			
Cadmio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,002	0,008	0,000	0,000	0,000			
Calcio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,06	0,20	6,764	9,934	7,701			
Cerio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,029	0,095	0,005	0,005	0,005			
Cobalto <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,010	0,032	0,002	0,002	0,002			
Cobre <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,005	0,016	0,001	0,001	0,001			
Cromo <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,007	0,024	0,001	0,001	0,001			
Estaño <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,02	0,08	0,004	0,004	0,004			
Estroncio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,0005	0,0016	0,012	0,018	0,014			
Fosforo <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,06	0,20	0,011	0,037	0,011			
Hierro <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,019	0,063	0,003	0,339	0,037			
Litio <sup>1</sup>	µg/m <sup>3</sup>	0,002	0,008	0,000	0,000	0,000			

<sup>1</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA  
<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<sup>1</sup>"= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, "<sup>2</sup>"= Menor que el L.D.M.  
<sup>\*</sup>: No ensayado  
NA: No Aplica

## ANEXO 11. Certificados de calibración de estación meteorológica.



ESTACIONES METEOROLÓGICAS

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

176 -20

SOLICITANTE : **MONECO S.A.C**

MODELO DE ESTACION : **VANTAGE PRO 2**

MARCA : **DAVIS INSTRUMENTS CORPORATION**

SERIE UNIDAD ISS : **BC180712002**

SERIE UNIDAD CONSOLA : **BC180712002**

UBICACIÓN : **AREQUIPA**

FECHA DE CALIBRACIÓN : **04/12/2020**

FECHA DE EXPIRACIÓN : **05/12/2021**

DATOS PATRÓN

MARCA : **DAVIS**

SERIE UNIDAD ISS : **BF201015012**

SERIE UNIDAD CONSOLA : **BF201015012**

SENSOR DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA	RANGOS DE EXACTITUD GENERAL	PROMEDIO CLIENTE	MAX./MIN. CLIENTE	ERROR PROMEDIO CLIENTE	CORRELACION CLIENTE	REFERENCIA ESTACION PATRON-DAVIS (NIST)
TEMPERATURA-6162	± 0.5 °C	19.96 °C	22.9 / 19.1 °C	0.0 °C	1.00	201019N04
HUMEDAD RELATIVA-6162	± 3%	80.34 %	84 / 69 %	- 0.1 %	0.99	201019N04
VELOCIDAD DE VIENTO-6410	±2 m/s ó 5%	1.35 m/s	8.5 / 0.0 m/s	0.0 m/s	1.00	201019N06
PRECIPITACIÓN-6162	±4% + 1 cuenta de lluvia	0.03 mm	2.2 / 0.0 mm	0.0 mm	1.00	201019N05
PRESIÓN BAROMÉTRICA-6162	± 1.0 mb	994.89 mb	996.8 / 993.1 mb	0.0 mb	1.00	BF201015012

Determinación de los errores de medición a través del método de constatación con el instrumento a verificar rigiendo a los resultados que maneje la Patrón Homologada por Davis Instruments en un periodo de 24 horas donde los equipos son expuestos a las mismas condiciones climáticas. Cada Patrón Davis se basa en las especificaciones del NIST (National Institute of Standards and Technology) y ha sido verificado en sus parámetros con los siguientes sensores (tal como muestra el documento adjunto)

**Temperatura y Humedad Relativa**

○ Marca: **Vaisala**      Modelo: **HMT 333**

**Precipitación**

○ Marca: **CAVRO**      Modelo: **XLP 6000 Pump**

**Viento (velocidad y dirección)**

○ Marca: **MKS Baratron**

**Presión Atmosférica**

○ Marca: **Vaisala**      Modelo: **PTB 220 CLASE A**

Las unidades de medición realizadas están de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El certificado no podrá ser reproducido parcialmente. El usuario está obligado a recalibrar el instrumento a intervalos apropiados por personal autorizado por Davis.

Perú Davis Instruments E.I.R.L no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el mal uso de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



**ANDRES ARTEAGA ANCE**  
GERENTE GENERAL  
PERU DAVIS INSTRUMENTS E.I.R.L.

📍 CALLE LAS CAMELIAS 877 OF. 302 SAN ISIDRO

☎ 640 9542

✉ SOPORTE@DAVISNET.PE

🌐 WWW.DAVISNET.PE



REPRESENTANTE DE DAVIS INSTRUMENTS CORPORATION

CERTIFICATE OF QUALITY ASSURANCE



Davis Instruments - 3485 Diablo Ave., Hayward, CA 94545, U.S.A.  
Tel. (510) 732-9229 · Fax (510) 732-9188

Product: 6162NZ Wireless Vantage Pro2 Plus  
Sensor Serial #: 201019N05  
Date of Calibration: 2020-10-19  
Date Calibration Expires: 2021-10-19


Specified Accuracy:  $\pm 4\% + 1$  rainfall count at 56.1 mm/hr. with 25.4 mm delivered.

Type of Calibration: New Instrument  
Final Calibration Status: Meets Specifications

<u>Volumetric Reference</u>	<u>Calibration Date</u>	<u>Expiration Date</u>	<u>Serial #:</u>
CAVRO XLP6000 Pump	10-DEC-2019	10-DEC-2020	802008695

This instrument has been calibrated to specifications using a reference traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). Davis Instruments Corp. certifies that this instrument meets or exceeds published measurement specifications (unless otherwise noted). Calibration records for inspection, measuring, and test equipment are maintained.

I certify that this sensor has been inspected and tested in accordance with the Davis Instruments Corp. quality assurance program.

SIGNED  \_\_\_\_\_ DATE 10/19/2020 \_\_\_\_\_



CERTIFICATE OF QUALITY ASSURANCE



Davis Instruments · 3485 Diablo Ave., Hayward, CA 94545, U.S.A.  
Tel. (510) 732-9229 · Fax (510) 732-9188

**Product:** 6162NZ Wireless Vantage Pro2 Plus  
**Product Serial #:** BF201015012  
**Date of Calibration:** 2020-10-19  
**Date Calibration Expires:** 2021-10-19

**Accuracy:**  $\pm 0.03$ " Hg between 20.00" Hg and 30.00" Hg at room temperature

**Type of Calibration:** New Instrument  
**Final Calibration Status:** Meets Specifications

<u>Barometer Reference</u>	<u>Calibration Date</u>	<u>Expiration Date</u>	<u>Serial #:</u>
Vaisala PTB220 Class A	18-MAY-2020	18-MAY-2021	V2010022

This instrument has been calibrated to specifications using a reference traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). Davis Instruments Corp. certifies that this instrument meets or exceeds published measurement specifications (unless otherwise noted). Calibration records for inspection, measuring, and test equipment are maintained.

I certify that this barometer has been inspected and tested in accordance with the Davis Instruments Corp. quality assurance program.

SIGNED \_\_\_\_\_  DATE 10/19/2020



CERTIFICATE OF QUALITY ASSURANCE

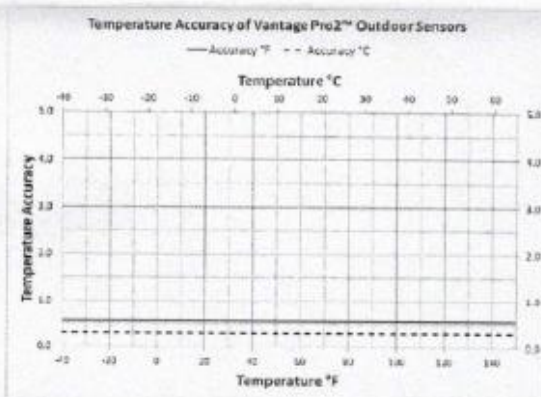


Davis Instruments - 3465 Diablo Ave., Hayward, CA 94545, U.S.A.  
Tel. (510) 732-9229 - Fax (510) 732-9188

Sensor: 6162NZ Wireless Vantage Pro2 Plus  
Unit Serial #: 201019N04  
Date of Calibration: 2020-10-19  
Date Calibration Expires: 2021-10-19

Specified Humidity Accuracy:  $\pm 2\%$  RH: We tested and certified accuracy at 33, 80, and 90%. The design of the product and physics of the sensor assures that the 33% accuracy will be maintained down to the minimum operating range limit.

Specified Temperature Accuracy:  $\pm 0.5^{\circ}\text{F}$ :



Type of Calibration: New Instrument  
Final Calibration Status: Meets Specifications

Humidity Reference	Calibration Date	Expiration Date	Serial #:
Vaisala HMT-333	28-OCT-2019	28-OCT-2020	P4050812

Temperature Reference	Calibration Date	Expiration Date	Serial #:
Vaisala HMT-333	14-MAY-2020	14-MAY-2021	R1640911

This instrument has been calibrated to specifications using a reference traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). Davis Instruments Corp. certifies that this instrument meets or exceeds published measurement specifications (unless otherwise noted). Calibration records for inspection, measuring, and test equipment are maintained. I certify that this sensor has been inspected and tested in accordance with the Davis Instruments Corp. quality assurance program.

SIGNED \_\_\_\_\_ DATE 10/19/2020



## ANEXO 11. Certificados de calibración de muestreador de partículas.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO A2LA CON CERTIFICADO #6032.01  
SEGÚN NTP-ISO/IEC 17025:2017



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LCA-0146-2021

Expediente : 00513

Fecha de emisión : 2021-11-08

1. Solicitante : MONECO S.A.C.

Dirección : MZ. D - LT. 8 URB. VILLA EL CONQUISTADOR - ALTO SELVA ALEGRE - AREQUIPA - AREQUIPA

2. Instrumento calibrado: **Muestreador de partículas**

Marca : PARTISOL

Modelo : 2000H

N° de serie : 200FB206910509

Código : EMA-LOW-01

Procedencia : U.S.A.

Alcance : 5 L/min a 18 L/min

División de escala : 0,1 L/min

Diámetro aproximado de la línea de flujo : 25 mm

3. Lugar de calibración : Laboratorio de Caudal de Alab

4. Fecha de calibración : 2021-10-15

5. Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa con referencia al MVAL-LAB-2 "Procedimiento de Calibración de Muestreadores de Partículas". Rev. 00: 2020 ALAB

6. Trazabilidad

Página 1 de 2

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

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

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTC-001	Flujómetro (calibrador primario de flujo de gas) con rango de trabajo desde 5 L/min a 30 L/min	CCP-0633-001-21

Juan Carlos Bartolo Chuquibala  
Responsable de Laboratorio



## ANEXO 12. Fichas técnicas del agar cetrimide.

AOAC BAM EP USP JP DIN	<h1 style="margin: 0;">Pseudomonas Selective Agar, Base (Cetrimide Agar)</h1> <h2 style="margin: 0;">CETRIMIDE Agar</h2> <p style="margin: 0; font-size: small;">A modification of the medium proposed by BROWN and LOWBURY (1965) for the isolation and differentiation of <i>Pseudomonas aeruginosa</i> from various materials.</p>
---------------------------------------	---

### General Information

This medium complies with the recommendations of the harmonised method in the European Pharmacopoeia 5.6 and the United States Pharmacopoeia 29 (2006).

### Mode of Action

The use of cetrimide (cetyltrimethylammonium bromide) was recommended by LOWBURY (1951) and other authors; this compound largely inhibits the growth of the accompanying microbial flora. According to LOWBURY and COLLINS (1955), a concentration of 0.3 g/litre inhibits the accompanying organisms satisfactorily and minimizes interference with the growth of *Ps. aeruginosa*. The pigment production of *Ps. aeruginosa* is not inhibited when grown on this medium.

GOTO and ENOMOTO (1970) recommend the addition of 15 µg nalidixic acid/ml to improve the inhibition of the accompanying microbial flora.

### Typical Composition (g/litre)

Peptone from gelatin 20.0; magnesium chloride 1.4; potassium sulfate 10.0; N-cetyl-N,N,N-trimethylammoniumbromide (cetrimide) 0.3; agar-agar 13.6.

**Also be added:**  
Glycerol 10 ml.

### Preparation

Suspend 45.3 g/litre, add 10 ml glycerol/litre, autoclave (15 min at 121 °C). Pour plates.  
pH: 7.2 ± 0.2 at 25 °C.

The plates are turbid and light brown.

### Experimental Procedure and Evaluation

Inoculate by spreading the sample on the surface of the plates.  
Incubation: *Pseudomonas aeruginosa* 18 h at 35 °C, others 72 h.

*Ps. aeruginosa* colonies produce a yellow-green pigment (pyocyanin) and fluoresce under UV light. Further tests should be performed for further identification (HUGH and LEIFSON 1953, KOVACS 1956, THORNLEY 1960, BÜHLMANN et al. 1961 etc).

### Literature

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Mikrobiologische Verfahren. Nachweis von *Pseudomonas aeruginosa*. - **DIN 38411-8 (1982)**.

BROWN, V.J., a. LOWBURY, E.J.L.: Use of improved cetrimide agar medium and other culture methods for *Pseudomonas aeruginosa*. - **J. Clin. Pathol.**, **18**; 752-756 (1965).

BÜHLMANN, X., FISCHER, W.A., a. BRUHN, J.: Identification of a pyocyanogenic strains of *Pseudomonas aeruginosa*. - **J. Bact.**, **82**, 787-788 (1961).

European Pharmacopoeia 5.6, Chapter 2.6.13 B (Harmonised Method), Microbial examination of nonsterile products: Tests for specified microorganisms, 2006.

GOTO, S., a. ENOMOTO, S.: Nalidixic acid cetrimide agar. A new selective plating medium for the selective isolation of *Pseudomonas aeruginosa*. - **Japan J. Microbiol.**, **14**; 65-72 (1970).

HUGH, R., a. LEIFSON, E.: The taxonomic significance of fermentative versus oxidative metabolism of carbohydrates by various gram-negative bacteria. - **J. Bact.**, **66**; 24-26 (1953).

KOVACS, N.: Identification of *Pseudomonas pyocyanea* by the oxidase reaction. - **Nature (Lond.)**, **178**; 703 (1956).

LOWBURY, E.J.L.: Improved culture methods for the detection of *Ps. pyocyanea*. - **J. Clin. Pathol.**, **4**; 66-72 (1951).


LOWBURY, E.J.L., a. COLLINS, A.G.: The use of a new cetrimide product in a selective medium for *Pseudomonas pyocyanea*. - **J. Clin. Pathol.**, **8**; 47-48 (1955).

THORNLEY, M.J.: The differentiation of *Pseudomonas* from other gram-negative bacteria on the basis of arginine metabolism. - **J. Appl. Bact.**, **23**; 37-52 (1960).

United States Pharmacopoeia 29 - NF 24, Chapter 62, Microbial examination of nonsterile products: Tests for specified microorganisms, 2006.

### Ordering Information

Product	Ordering No.	Pack size
Pseudomonas Selective Agar, Base (Cetrimide Agar)	1.05284.0500	500 g
Glycerol (about 87 %)	1.04094.0500	500 ml
UV Lamp (366nm)	1.13203.0001	1 ea



Pseudomonas aeruginosa ATCC 9027

1
Merck Microbiology Manual 12<sup>th</sup> Edition

## Pseudomonas Selective Agar, Base (Cetrimide Agar)

CETRIMIDE Agar

### Quality control (spiral plating method)

Test strains	Inoculum (CFU)	Recovery (%)	Yellow-green pigment
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	10 - 100	≥ 30	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25668	10 - 100	≥ 30	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	10 - 100	≥ 30	+
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	> 10 <sup>4</sup>	no growth	-
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 29906	> 10 <sup>4</sup>	no growth	-
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	> 10 <sup>4</sup>	no growth	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	> 10 <sup>4</sup>	no growth	-

## ANEXO 13. Fichas técnicas del agar macconkey.

AOAC	<h1>Agar MacCONKEY</h1> <p>Agar selectivo para el aislamiento de <i>Salmonella</i>, <i>Shigella</i> y bacterias coliformes de heces, orina, alimentos, aguas residuales, etc. según MacCONKEY (1950).</p>
BAM	
COMPF	
EP	
SMD	
SMWW	
USP	

**MD** Dispositivo médico de diagnóstico  
*in Vitro*: solo para uso profesional

**CE** Version 17-10-2008  
Merck KGaA, 64271 Darmstadt

Consulte también las instrucciones generales de uso "Como utilizar los medios de cultivo deshidratados"

Para obtener información sobre MSDS, advertencias y precauciones, visite nuestro sitio web: [www.merck-chemicals.com](http://www.merck-chemicals.com)

### Principio

Método microbiológico.

### Información General

La composición de este medio cumple ampliamente con la Farmacopea de los Estados Unidos 29 (2006) y la Farmacopea Europea 5.6.

### Modo de Acción

Las sales biliares y el cristal violeta inhiben en gran medida el crecimiento de la flora microbiana Gram-positiva. La lactosa y el indicador de pH rojo neutro se utilizan para detectar la degradación de la lactosa.

### Composición típica (g/litro)

Peptona de gelatina 17.0; peptona de caseína 1.5; peptona de carne 1.5; cloruro de sodio 5.0; lactosa 10.0; mezcla de sales biliares 1.5; rojo neutro 0.03; cristal violeta 0.001; agar-agar 13.5.

### Preparación

Suspenda 50 g/litro, esterilice en autoclave (15 min a 121 °C), y vierta en las placas.  
pH: 7.1 ± 0.2 a 25 °C.  
Las placas son transparentes y de color marrón rojizo a rojo oscuro

### Almacenaje

Listo para usar. Utilizable hasta la fecha de caducidad cuando se almacena seco y bien cerrado entre +15 y +25 °C. Proteger de la luz.  
Después de la primera apertura del frasco, el contenido se puede utilizar hasta la fecha de caducidad si se almacena seco y bien cerrado entre +15 y +25 °C.

### Procedimiento experimental y Evaluación

Inocular esparciendo el material de muestra sobre la superficie de las placas.  
Incubación: 18-24 horas a 35 °C aeróbicamente.  
Las colonias negativas a la lactosa son incoloras; las colonias lactosa-positiva son rojas y rodeadas por una zona turbia que se debe a la precipitación de ácidos biliares como resultado de la disminución del pH.

Apariencia de las Colonias	Microorganismos
Incolora, translúcida	Salmonella, Shigella y otros
Grande, roja, rodeada de zona turbia	Escherichia coli
Grande, rosa, mucóide	Enterobacter, Klebsiella
Muy pequeña, opaca, colonias aisladas	Enterococcus, Staphylococcus y otros

### Literatura

Farmacopea Europea II, Capítulo VIII, 10.  
MacCONKEY, A.: Lactose-fermenting bacteria in faeces. - *J. Hyg.*, 8, 333-379 (1905).  
Farmacopea de EE.UU. XXIII, Capítulo "Prueba de Límites Microbiol.", 1995.

### Información sobre Pedidos

Producto	Nº Pedido	Tam. Envase
Agar MacCONKEY	1.05465.0500	500 g
Agar MacCONKEY	1.05465.5000	5 kg
Agar MacCONKEY Merckoplate®	1.10748.0001	20 placas
Agar MacCONKEY Merckoplate®	1.15276.0001	480 placas



## Agar MacCONKEY

### Control de Calidad (método de revestimiento en espiral)

Cepas de pruebas	Inóculo (ufc)	Recuperación(%)	Color de		Precipitado
			colonia	medio	
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739 *	10 -100	30	rojo	rojo	+
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	10 -100	30	incolore	amarillento	-
<i>Salmonella dublin</i> ATCC 15480	10 -100	30	Incolore	amarillento	-
<i>Shigella sonnei</i> ATCC 11060	10 -100	30	incolore	amarillento	-
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 29906	10 -100	30	incolore	amarillento	-
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	> 10 <sup>5</sup>	≤ 0.01			
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	> 10 <sup>5</sup>	≤ 0.01			
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 8043	> 10 <sup>5</sup>	≤ 0.01			
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 19433	> 10 <sup>5</sup>	≤ 0.01			

\* (a 37 °C y 43-45 °C)



## ANEXO 14. Fichas técnicas del agar manitol salado.



Technical Data Sheet

### Mannitol Salt Phenol-Red Agar

acc. harm. EP/USP/JP

Ordering number: 1.05404.0500

Mannitol salt phenol-red agar is a modified version of the selective agar proposed by Chapman (1945) for the isolation and presumptive identification of *Staphylococcus aureus* in non-sterile pharmaceuticals and food.

This medium complies with the specifications given by the harmonized methods of EP, USP, JP for Microbial Examination of Non-sterile Products: Tests for Specified Microorganisms.

#### Mode of Action

The composition of Mannitol Salt Agar supports the growth of *Staphylococcus aureus* whereas many other microorganisms are inhibited by the high salt content of 7.5 %. Some halophilic Enterococci and Vibriones are able to grow on Mannitol Salt Agar.

In contrast to the most other staphylococci *S. aureus* is able to build acids from mannitol. Therefore, they build up yellow colonies with yellow zones. *S. capitis*, *S. simulans*, *S. carnosus*, *S. scuri*, *S. lentus*, *S. gallinarum* are also mannitol positive.

#### Typical Composition


Peptone from Casein	5 g/l
Enzymatic Digest of Animal Tissue	5 g/l
Beef Extract	1 g/l
NaCl	75 g/l
D(-)-Mannitol	10 g/l
Phenol Red	0.025 g/l
Agar-Agar	12 g/l

#### Preparation

Suspend 108 g/l. Autoclave (15 min at 121 °C). Pour plates.

The appearance of the plates is clear and red.

The pH value at 25 °C is in the range of 7.2-7.6.

Merck Millipore is a business of  MERCK

### Storage

The product can be used for sampling until the expiry date if stored upright, protected from light and properly sealed at +15 °C to +25 °C.

After first opening of the bottle the content can be used up to the expiry date when stored dry and tightly closed at +15 °C to +25 °C.

### Disposal

Please mind the respective regulations for the disposal of used culture medium (e.g. autoclave for 20 min at 121 °C, disinfect, incinerate etc.).

### Experimental Procedure

Inoculate by spreading the sample on the surface of the medium. Inoculation should be massive because of the strong inhibitory effect of the medium.

Incubation: up to 3 days at 30-35 °C aerobically.

Further tests should be performed to confirm the diagnosis.

Appearance of Colonies	Microorganisms
Surrounded by bright yellow zones, abundant growth	Mannitol-positive: <i>Staphylococcus aureus</i>
No colour change, growth is usually poorer	Mannitol-negative: <i>Staphylococcus epidermis</i> and others

### Quality Control

Control Strains	ATCC #	Inoculum CFU	Incubation	Expected Results
<i>Staphylococcus aureus</i>	25923	10-100	≤ 18 h at 30-35 °C	Recovery ≥ 50 %
			24 h at 30-35 °C	Color change to yellow
<i>Staphylococcus aureus</i>	6538	10-100	≤ 18 h at 30-35 °C	Recovery ≥ 50 %
			24 h at 30-35 °C	Color change to yellow
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	12228	10-100	18-72 h at 30-35 °C	No color change to yellow
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	14990	10-100	18-72 h at 30-35 °C	No color change to yellow
<i>Proteus mirabilis</i>	12453	10-100	18-72 h at 30-35 °C	No color change to yellow
<i>Escherichia coli</i>	8739	≥ 100	≥ 72 h at 30-35 °C	Growth inhibited

Please refer to the actual batch related Certificate of Analysis.



We provide information and advice to our customers on application technologies and regulatory matters to the best of our knowledge and ability, but without obligation or liability. Existing laws and regulations are to be observed in all cases by our customers. This also applies in respect to any rights of third parties. Our information and advice do not relieve our customers of their own responsibility for checking the suitability of our products for the envisaged purpose.  
Merck Millipore and the M logo are registered trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany. Lit. No. TN1240EN00

## Literature

Chapman, G.H. (1945): The significance of sodium chloride in studies of *Staphylococci*. *J. Bact.* **50**: 201-203.

EN ISO 6888-2 (1999) + A1 (2003): Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) – Part 2: Technique using rabbit plasma fibrinogen agar medium.

European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare. (2014): The European Pharmacopoeia. 8<sup>th</sup> Ed. Chapter 2.6.13 Microbiological examination of non-sterile products: Test for specified products. Strasbourg, France.

Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare. (2011): The Japanese Pharmacopoeia. 16<sup>th</sup> Ed. Chapter 4.05 Microbial Limit Test II. Microbiological examination of non-sterile products: Test for specified products. Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare. Tokyo, Japan.

United States Pharmacopoeia 38 NF 33 (2015): <62> Microbiological examination of non-sterile products: Tests for specified microorganisms.

## Ordering Information

Product	Cat. No.	Pack size	Other pack sizes available
Mannitol Salt Phenol-red Agar for microbiology	1.05404.0500	500 g	
Tryptic Soy Broth	1.05459.0500	500 g	5 kg, 25 kg
DNase Test Agar for microbiology	1.10449.0500	500 g	

Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany  
Fax: +49 (0) 61 51 / 72-60 80  
mibio@merckgroup.com  
[www.merckmillipore.com/blomonitoring](http://www.merckmillipore.com/blomonitoring)

Find contact information for your country at:  
[www.merckmillipore.com/offices](http://www.merckmillipore.com/offices)  
For Technical Service, please visit:  
[www.merckmillipore.com/techservice](http://www.merckmillipore.com/techservice)



We provide information and advice to our customers on application technologies and regulatory matters to the best of our knowledge and ability, but without obligation or liability. Existing laws and regulations are to be observed in all cases by our customers. This also applies in respect to any rights of third parties. Our information and advice do not relieve our customers of their own responsibility for checking the suitability of our products for the envisaged purpose.  
Merck Millipore and the M logo are registered trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany. Lit. No. TN1240EN00



## ANEXO 15. Fichas técnicas del agar nutriente.



Technical Data Sheet

**GranuCult™**

**Nutrient Agar**

**acc. ISO 6579, ISO 10273 and ISO 21528**

Ordering number: 1.05450.0500

Nutrient Agar is used for the cultivation of nonfastidious bacteria.

This culture medium complies with the specifications given by EN ISO 6579, EN ISO/FDIS 6579-1, EN ISO 6785 | IDF 93, EN ISO 10273, EN ISO 19250, EN ISO 21528 and APHA.

#### Mode of Action

The peptone and beef extract provide sufficient nutrients for the growth of nonfastidious bacteria. Both are the sources of nitrogen, vitamins, carbon and amino acids whilst agar is the solidifying agent.

#### Typical Composition

Specified by ISO 6579, ISO 6785 / IDF 93, ISO 10273, ISO 19250, ISO 21528, APHA		GranuCult™ Nutrient Agar	
Peptone	5 g/l	Peptone	5 g/l
Meat Extract	3 g/l	Meat Extract	3 g/l
Agar	9-18 g/l **	Agar-Agar*	12 g/l
Water	1000 ml/l	Water	n/a
pH at 25 °C	7.0 ± 0.2	pH at 25 °C	7.0 ± 0.2

\* Agar-Agar is equivalent to other different terms of agar.

\*\* Depending on the gel strength of the agar.



The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the U.S. and Canada.

1 of 4

### Preparation

Dissolve 20 g in 1 l of purified water. Heat in boiling water and agitate frequently until completely dissolved. Autoclave 15 min at 121 °C. Pour to plates.

The prepared medium is clear to slightly opalescent and yellowish-brown.

There should be no visible moisture on the plates before use. When moisture is present, the plates should be dried for the minimum time required to remove visible moisture, following the procedure as described by EN ISO 11133.

### Experimental Procedure and Evaluation

Depend on the purpose for which the medium is used.

Incubate the inoculated plates under aerobic conditions, e.g. acc. to EN ISO/FDIS 6579-1 at 34-38 °C for 21-27 h, acc. to EN ISO 10273 at 29-31 °C for 24 hours.

### Storage

Store the dehydrated medium dry and tightly closed. Protect from light. Do not use clumped or discolored medium. Store at +15 °C to +25 °C and use before the expiry date on the label.

According to EN ISO/FDIS 6579-1, self-prepared plates can be stored at +2 to +8 °C in the dark and protected against evaporation for up to four weeks.

### Quality Control

Function	Control strains	Incubation	Reference medium	Method of control	Expected results
Productivity	<i>Escherichia coli</i> ATCC® 8739	22 - 26 h at 36-38 °C	Tryptic Soy Agar (TSA)	Quantitative	Recovery ≥ 70 %
	<i>Escherichia coli</i> ATCC® 25922				
	<i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC® 14028				
	<i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC® 13076				
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC® 25923				
	<i>Yersinia enterocolitica</i> ATCC® 9610	22 - 26 h at 29-31 °C			
<i>Yersinia enterocolitica</i> ATCC® 23715					

Please refer to the actual batch related Certificate of Analysis.

The performance test is in accordance with the current version of EN ISO 11133.

A recovery rate of 50 % is equivalent to a productivity value of 0.5.

## Ficha Técnica

# Agar Sabouraud Dextrosa (4%) acorde FE

Número de Clasificación: 1.46393.0006

El agar Sabouraud Dextrosa (SDA) está diseñado para la determinación del recuento total de levaduras y mohos.

La formulación del medio básico (Sabouraud Dextrose Agar) se prepara de acuerdo con las recomendaciones de la actual Farmacopea Europea, Japonesa y de los Estados Unidos (EP, 2.6.13.; JP, 4.05 y USP, 62).

El agar Sabouraud Dextrosa (SDA) está disponible con una formulación de medios idéntica en diferentes volúmenes de llenado:

- Agar Sabouraud Dextrosa (número de artículo 146303): Tubos de 25 ml, volumen de llenado 18 ml
- Agar Sabouraud Dextrosa (número de artículo 146393): Frasco de 250 ml-bottle con tapón de rosca, volumen de llenado 200 ml
- Agar Sabouraud Dextrosa (número de artículo 146392): Botella de 500 ml con tapón de rosca, volumen de llenado 400 ml

## Modo de Acción

El agar dextrosa Sabouraud (SDA) es un medio complejo para el cultivo y aislamiento de levaduras y mohos. Los medios también se utilizan para el examen microbiológico de productos no estériles. La alta concentración de dextrosa, además del bajo pH, promueve el crecimiento de levaduras y mohos al tiempo que inhibe el crecimiento bacteriano. Los medios también promueven la formación de esporas (conidios y esporangios), así como la formación de pigmentos de levaduras y mohos..

## Composición Típica


Caseína Peptona	5 g/l
Carné Peptona	5 g/l
Dextrosa	40 g/l
Agar	15 g/l

La apariencia del medio es clara y amarillenta. El valor del pH está en el rango de 5.4-5.8. El medio puede ajustarse y / o complementarse de acuerdo con los criterios de rendimiento requeridos.




## ANEXO 16. Fichas técnicas del agar sabouraud.

Merck



*Escherichia coli* ATCC® 25922



*Salmonella typhimurium* ATCC® 14028

**Literature**

APHA (2015) Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

ISO International Standardisation Organisation. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. EN ISO 6579:2002.

ISO International Standardisation Organisation. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* - Part 1: Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. EN ISO/FDIS 6579-1:2015.

ISO International Standardisation Organisation. Milk and milk products - Detection of *Salmonella* spp. EN ISO 6785 I IDF 93:2001.

ISO International Standardisation Organisation. Water quality - Detection of *Salmonella* spp. EN ISO 19250:2010.

ISO International Standardisation Organisation. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection of presumptive pathogenic *Yersinia enterocolitica*. EN ISO 10272:2003.

ISO International Standardisation Organisation. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae - Part 1: Detection and enumeration by MPN technique with pre-enrichment. EN ISO 21528-12004.

ISO International Standardisation Organisation. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae - Part 2: Colony-count method. EN ISO 21528:2004.

ISO International Standardisation Organisation. Microbiology of food, animal feed and water - Preparation, production, storage and performance testing of culture media. EN ISO 11133:2014.

**Ordering Information**

Product	Cat. No.	Pack size
GranuCult™ Nutrient Agar ISO 6579, ISO 10273 and ISO 21528	1.05450.0500	500 g

We provide information and advice to our customers on application technologies and regulatory matters to the best of our knowledge and ability, but without obligation or liability. Existing laws and regulations are to be observed in all cases by our customers. This also applies in respect to any rights of third parties. Our information and advice do not relieve our customers of their own responsibility for checking the suitability of our products for the envisaged purpose.  
 Merck, GranuCult, Readytube and Readyplate are trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany. Anaerocult, Anaerocult, Bacident, ChromoCult, Duopeth, FluoroCult, ReadyCult, Readybag and Singlepath are registered trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany.

3 of 4



### Aplicación e Interpretación

El agar dextrosa Sabouraud, provisto en un tubo o botella, se puede usar para preparar placas para extender la superficie o para el método de vertido de placa.

Antes de usar, derrita el agar usando un baño de agua a 95 ° C o un autoclave. Abra ligeramente el tapón de rosca para evitar la acumulación de presión antes de calentar el medio. Tenga en cuenta que no se recomienda el uso de un microondas.

El tiempo de fusión difiere significativamente según el volumen del medio: alrededor de 10 minutos para el tubo, 45 minutos para el agar de 200 ml y 60 minutos para el agar de 400 ml. Una vez que el agar se haya licuado, deje que los medios se enfríen en un baño de agua a 45-50 ° C. Los tiempos de enfriamiento se correlacionan con los tiempos de calentamiento respectivos de los diferentes volúmenes de agar. Al verter, los medios no deben exceder una temperatura de 45 ° C.

Para la inoculación de la superficie, vierta el medio líquido en una placa de Petri vacía (el volumen dependerá del diámetro de la placa de Petri, es decir, ~ 15-20 ml para placas de 90 mm). Dejar solidificar durante al menos 30 minutos. Una vez que el agar se solidifica, las placas deben envolverse, almacenarse a temperatura fría y usarse en pocos días.

Para el método de vertido en placa, agregue la muestra preparada en el plato vacío y cubra con medio. Mezcle suavemente la placa y permita que el agar se solidifique antes de la incubación.

Para el recuento total de levadura aeróbica y moho (prueba de límite microbiano), las placas deben incubarse durante 5 a 7 días a 20-25 ° C (EP / USP) antes del recuento de colonias.

Nota: Los medios de agar no deben derretirse una segunda vez después de solidificarse

### Almacenamiento y Vida útil

El producto puede usarse para tomar muestras hasta la fecha de caducidad si se almacena en posición vertical, protegido de la luz y sellado adecuadamente de +2 ° C a +25 °.

Los procedimientos de prueba descritos en el CoA pueden iniciarse hasta la fecha de vencimiento impresa en la etiqueta

### Disposición

Tenga en cuenta las normas respectivas para la eliminación del medio de cultivo usado (por ejemplo, autoclave durante 20 minutos a 121 ° C, desinfectar, incinerar, etc.).

### Control de Calidad

Control de Cepas	# ATCC	Inóculo CFU	Incubación	Resultado Esperado Recuperación en %
<i>Candida albicans</i>	10231	10-100	44-48 h a 20-25 °C	50-200 %
			20-24 h a 30-35 °C	50-200 %
<i>Aspergillus brasiliensis</i>	16404	10-100	70-74 h a 20-25 °C	50-200 %

Consulte el Certificado de análisis real relacionado con el lote.



We provide information and advice to our customers on application technologies and regulatory matters to the best of our knowledge and ability, but without obligation or liability. Existing laws and regulations are to be observed in all cases by our customers. This also applies in respect to any rights of third parties. Our information and advice do not relieve our customers of their own responsibility for checking the suitability of our products for the envisaged purpose.  
Merck Millipore and the M logo are registered trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany. Lit. No. TN1819EN00

UNW





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**"Universidad Pública de Calidad"**