

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL  
AIRE EN LA ZONA URBANA DE AGUAYTÍA, REGIÓN  
UCAYALI**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Presentado por:**

**SANDOVAL SOTO, JHONATAN JOHAN**

**Tingo María – Perú**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°49-2023-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 28 de junio de 2023 a horas 4:00 p.m. a través de la plataforma Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

### **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN LA ZONA URBANA DE AGUAYTÍA, REGIÓN UCAYALI”**

Presentado por el Bachiller: **SANDOVAL SOTO, JHONATAN JOHAN**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del título correspondiente.

Tingo María, 30 de junio de 2023

  
**Dr. CESAR SAMUEL LOPEZ LOPEZ**  
**PRESIDENTE**

  
**Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO**  
**MIEMBRO**



  
**Ing. M.Sc. SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO**  
**MIEMBRO**

  
**Mchlgo. M.Sc. LUIS A. SANCHEZ ROMERO**  
**ASESOR**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL**  
(RIDUNAS)

Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

**CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 183 - 2023 - CS-RIDUNAS**

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

**CERTIFICA QUE:**

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN LA ZONA URBANA DE AGUAYTÍA, REGIÓN UCAYALI	SANDOVAL SOTO JHONATAN JOHAN	<b>23%</b> <b>Veintitrés</b>

Tingo María, 07 de julio de 2023

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION  
Dr. Tomas Menacho Mallqui  
DIRECTOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL**  
**AIRE EN LA ZONA URBANA DE AGUAYTÍA, REGIÓN**  
**UCAYALI**

**Autor:** : Sandoval Soto, Jhonatan Johan

**Asesor** : Mblgo. M.Sc. Luis Alberto Sánchez Romero

**Programa de investigación** : Ciencias y Tecnologías Ambientales

**Línea de investigación** : Niveles de contaminación ambiental

**Eje temático** : Contaminación del aire

**Lugar de ejecución** : Aguaytía - Ucayali

**Duración** : 12 meses

**Financiamiento** : Propio

**Tingo María – Perú**  
**2023**

## DEDICATORIA

*A Dios, por protegerme y permitido llegar a esta etapa de mi vida, brindándome salud y fuerzas para lograr todas mis metas, así como su infinita bondad y amor hacia mi persona.*

*A mis queridos abuelos Alejandro Soto e Isabel García, quienes me brindaron todo su cariño, sus valores, apoyo y confianza durante mi vida universitaria, y así culminar este proceso como parte de mi formación profesional y superación personal. A mi querida abuela Victoria Ayllon que Dios la tiene en su gloria, sé que me protege y está orgullosa de todos mis logros.*

*A mi querida madre Aly Soto y hermana Greysy Minchola por su apoyo incondicional, ya que siempre me motivaron y me dieron la fortaleza que siempre necesite para culminar esta mi carrera universitaria. A todos mis familiares y amigos que estuvieron presentes durante esta etapa de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por brindarme los conocimientos para ser un excelente profesional.
- A mi asesor de tesis, Mblgo. M.Sc. Luis Alberto Sánchez Romero por el apoyo con sus conocimientos y experiencia para la formulación y ejecución de la presente investigación.
- A los miembros de mi jurado Dr. Cesar Samuel López Lopez, Dr. Victor Beteta Alvarado e Ing. Msc. Sandra Zavala Guerrero, por sus sugerencias y conocimientos para el desarrollo de la presente investigación.
- Al Ing. Richard Sias por apoyarme y brindarme sus conocimientos y experiencias durante el desarrollo de esta investigación.
- A mis amigos Rosa Espinoza, Ever Silva y María Teresa Silvera que me brindaron su amistad, tiempo y apoyo para el desarrollo de esta investigación.
- A todas las personas que apoyaron directa o indirectamente para la culminación de una las mejores etapas de mi vida.

**¡Gracias a todos ustedes!**

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Objetivos .....	1
1.1.1. Objetivo general.....	1
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Antecedentes .....	3
2.1.1. A nivel internacional.....	3
2.1.2. A nivel nacional .....	4
2.1.3. A nivel local.....	5
2.2. Calidad Ambiental.....	6
2.3. Contaminación del aire.....	7
2.3.1. Contaminación microbiológica del aire .....	8
2.4. Microorganismos en el aire .....	9
2.4.1. Permanencia.....	10
2.4.2. Supervivencia.....	10
2.4.3. Influencia de los factores ambientales en el desarrollo de los microorganismos ....	11
2.5. Bacterias en el aire .....	12
2.5.1. Géneros .....	14
2.5.2. Enfermedades transmitidas por bacterias.....	17
2.6. Fungi en el aire .....	18
2.6.1. Géneros .....	19
2.6.2. Enfermedades transmitidas por hongos .....	22
III. MATERIALES Y METODOS .....	23
3.1. Lugar de ejecución .....	23
3.1.1. Ubicación política .....	23
3.1.2. Ubicación geográfica .....	24
3.1.3. Aspectos sociales y ambientales .....	24
3.2. Materiales y equipos.....	27
3.3. Tipo de investigación .....	28

3.3.1. Variables de estudio.....	28
3.3.2. Diseño de investigación .....	28
3.4. Metodología.....	29
3.4.1. Reconocimiento del área e identificación de los puntos de estudio.....	29
3.4.2. Muestreo .....	30
3.4.3. Determinación de la concentración de bacterias y fungi presentes en el aire.....	31
3.4.4. Nivel de contaminación .....	32
3.4.5. Correlación de temperatura y humedad relativa con la concentración de bacterias y fungi.....	33
3.4.6. Aislamiento de bacterias y fungi presentes en el aire .....	33
3.4.7. Identificación de bacterias y fungi patógenos presentes en el aire en los puntos de estudio .....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
4.1. Determinación de la Concentración de Bacterias y Fungi presentes en el aire.....	39
4.1.1. Concentración de Bacterias y Fungi .....	39
4.1.2. Nivel de Contaminación del aire en la Zona Urbana de Aguaytía .....	42
4.2. Determinación de la correlación de la temperatura y humedad relativa con la concentración de Bacterias y Fungi.....	45
4.2.1. Correlación con la Temperatura.....	45
4.2.2. Correlación con la Humedad relativa .....	47
4.3. Aislamiento e identificación de Microorganismos presentes en el aire .....	49
4.3.1. Identificación de Bacterias.....	49
4.3.2. Identificación de Fungi .....	52
4.3.3. Microorganismos patógenos en el aire .....	55
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	60
VII. REFERENCIAS BILIOGRAFICAS.....	61
ANEXOS .....	68

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Fuentes naturales y antropogénicas que contribuyen a incrementar la concentración de bacterias a la atmósfera.....	13
2. Enfermedades bacterianas transmitidas en el aire .....	17
3. Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire.....	22
4. Coordenadas de los puntos de muestreo en coordenadas UTM.....	24
5. Temperatura Máxima (°C) de la Estación “Aguaytía”.....	24
6. Temperatura Mínima (°C) de la Estación “Aguaytía” .....	25
7. Humedad relativa (%) de la Estación “Aguaytía”.....	25
8. Precipitación (mm) de la Estación “Aguaytía” .....	25
9. Actividades económicas de la Zona Urbana del distrito de Padre Abad – Aguaytía.....	26
10. Niveles de contaminación en concentración de Bacterias en el aire .....	32
11. Niveles de contaminación por concentración de hongos en el aire.....	32
12. Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson y Spearman según escala.....	33
13. Niveles de contaminación en concentración de Bacterias (UFC/m <sup>3</sup> ) presentes en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía.....	42
14. Niveles de contaminación en concentración de Fungi (UFC/m <sup>3</sup> ) presentes en el aire... de la Zona Urbana de Aguaytía.....	43
15. Correlación de Concentración Bacterias y Fungi (UFC/m <sup>3</sup> ) con Temperatura (°C).....	46
16. Correlación de Concentración Bacterias y Fungi(UFC/m <sup>3</sup> )con Humedad relativa(%) ..	48
17. Bacterias identificadas en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía. ....	49
18. Fungi identificados en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía .....	53
19. Bacterias patógenas identificadas en el aire de la Zona urbana de Aguaytía.....	56
20. Fungi identificados en el aire de la Zona urbana de Aguaytía .....	57
21. Humedad relativa (%) y Temperatura (°C) .....	69
22. Concentración de Bacterias (UFC/m <sup>3</sup> ) presentes en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía durante el periodo 2021 – 2022 .....	69

23.	Concentración de los Fungi (UFC/m <sup>3</sup> ) presentes en el aire de la Zona Urbana de Aguytía durante el periodo 2021 - 2022 .....	69
24.	Bacterias identificadas por el método de Coloración Gram de Noviembre del 2021 .....	70
25.	Bacterias identificadas por el método de Coloración Gram de Marzo del 2022.....	70
26.	Bacterias identificadas por el método de Coloración Gram de Julio del 2022 .....	71
27.	Bacterias identificadas por el método de Diferenciación Bioquímica en Noviembre del 2021 .....	71
28.	Bacterias identificadas por el método de Diferenciación Bioquímica en Marzo 2022 ...	72
29.	Bacterias identificadas por el método de Diferenciación Bioquímica en Julio del 2022 .....	72
30.	Diversidad de bacterias identificadas en Noviembre del 2021 .....	73
31.	Diversidad de bacterias identificadas en Marzo del 2022 .....	73
32.	Diversidad de bacterias identificadas en Julio del 2022.....	74
33.	Diversidad de fungi identificados en Noviembre del 2021 .....	74
34.	Diversidad de fungi identificados en Marzo del 2022 .....	74
35.	Diversidad de fungi identificados en Julio del 2022 .....	75

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Mapa de Ubicación Política de Aguaytía.....	23
2.	Diseño de investigación .....	29
3.	Concentración de Bacterias (UFC/ m <sup>3</sup> ) por mes en los puntos de muestreo .....	39
4.	Concentración de los Fungi (UFC/ m <sup>3</sup> ) por mes en los puntos de muestreo .....	40
5.	Temperatura ambiental (°C) por punto de muestreo durante los meses de muestreo...	45
6.	Humedad Relativa (°%) por punto de muestreo durante los meses de muestreo .....	47
7.	Diversidad total de bacterias en los puntos de muestreo .....	51
8.	Predominancia de las bacterias identificadas en los puntos de muestreo .....	52
9.	Diversidad Total de los Fungi en los diferentes puntos de muestreo .....	54
10.	Predominancia de los Fungi identificados en los Puntos de muestreo .....	55
11.	Mapa de ubicación de puntos de muestreo .....	76
12.	Bacillus sp Gram (+).....	77
13.	Bacillus sp Gram (+).....	77
14.	Bacilos Gram (-) .....	78
15.	Bacilos Gram (-) .....	78
16.	Stafilococcus sp Gram (+) .....	79
17.	Streptobacillus sp Gram (-).....	79
18.	Lactobacillus sp Gram (+) .....	80
19.	Aspergillus sp.....	81
20.	Blastomyces sp.....	81
21.	Fusarium sp.....	82
22.	Geotrichum sp.....	82
23.	Oidium sp.....	83
24.	Rhizopus sp.....	83
25.	Preparación de Caldo BHI .....	84
26.	Matraces con Caldo BHI para muestreo .....	84
27.	Muestreo microbiológico del aire en Malecón Rio Aguaytía (PM1) .....	85
28.	Muestreo microbiológico del aire en Parque Nuevo Aguaytia (PM2) .....	85
29.	Muestreo microbiológico del aire en Plaza Miguel Grau (PM3).....	86
30.	Muestreo microbiológico del aire en Plaza Mayor de Aguaytía (PM4) .....	86

31.	Muestreo microbiológico del aire en Malecón Río Aguaytía (PM5) .....	87
32.	Medición de Temperatura y Humedad relativa con termohigrometro.....	87
33.	Dilución de muestras para determinar la concentración (UFC/m <sup>3</sup> ).....	88
34.	Placas con Agar Plate count (Bacterias) y Agar Sabouraud .....	88
35.	Colonias de Bacterias incubadas (PM1 y PM2) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m <sup>3</sup> ).....	89
36.	Colonias de Bacterias incubadas (PM3 y PM4) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m <sup>3</sup> ).....	89
37.	Colonias de Bacterias incubadas (PM5) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m <sup>3</sup> ).....	90
38.	Colonias de Fungi incubados (PM1 y PM2) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m <sup>3</sup> ).....	90
39.	Colonias de Fungi incubados (PM3 y PM4) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m <sup>3</sup> ).....	91
40.	Colonias de Fungi incubados (PM5) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m <sup>3</sup> ) .....	91
41.	Autoclave para dilución de Agar y esterilización de materiales .....	92
42.	Añadiendo los medios enriquecidos en placas.....	92
43.	Siembra de inóculos del muestreo en las placas con medios enriquecidos .....	93
44.	Medios enriquecidos sembrados con las muestras recolectadas .....	93
45.	Incubación de Bacterias a una temperatura de 37°C .....	94
46.	Incubación de Fungi a Temperatura ambiente .....	94
47.	Siembra en medios para Diferenciación Bioquímica.....	95
48.	Tubos de ensayo con medios de diferenciación Bioquímica .....	95
49.	Reactivos para la Diferenciación Bioquímica.....	96
50.	Muestras fijadas para realizar la coloración Gram.....	96
51.	Coloración de bacterias Gram positivas y negativas .....	97
52.	Muestras fijadas después de realizar la Coloración Gram .....	97
53.	Bacterias incubadas en Medios enriquecidos.....	98
54.	Colonias de Fungis incubados a Temperatura ambiente.....	98
55.	Microcultivo Fungi de los puntos de muestreo.....	99
56.	Muestras fijadas del Microcultivo Fungi con azul de AMMANN .....	99
57.	Observación en Microscopio de Bacterias y Fungis.....	100

## RESUMEN

La contaminación ambiental del aire ha ido creciendo y su calidad ambiental se ha deteriorado, provocando problemas a la salud de las personas, dado que existen microorganismos presentes en dicho medio que pueden provocar diferentes enfermedades. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad microbiológica del aire en la zona urbana de Aguaytía, Región Ucayali, en 05 puntos de muestreo: Malecón Río Aguaytía, Parque Nuevo Aguaytía, Plaza Miguel Grau, Plaza Mayor y Parque 23 de Marzo, para ello se utilizó el método volumétrico que consiste en extraer muestras de aire con jeringas esterilizadas en caldos BHI para bacterias y fungi. Las mayores concentraciones promedio para bacterias se registraron en Marzo con 528 UFC/m<sup>3</sup>, seguido de Julio con 496 UFC/m<sup>3</sup>, y Noviembre con 464 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que en los fungi las mayores concentraciones promedio se dieron en Marzo con 464 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que Noviembre y Julio presentaron los mismos valores con 144 UFC/m<sup>3</sup>. También se determinó que no existe correlación significativa entre la Concentración (UFC/m<sup>3</sup>) de microorganismos con la Temperatura (°C) y Humedad relativa (%), durante el periodo analizado. Se identificó a 08 géneros de bacterias, siendo los más predominantes *Pantoea agglomerans*, *Bacillus sp.* y *Staphylococcus sp.*, mientras que para los fungi se identificó a 06 géneros siendo los más predominantes *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.*, y *Geotrichum sp.*, los microorganismos aislados e identificados son considerados como oportunistas y patógenos. Por último, se concluye que la Calidad Microbiológica del aire en la Zona Urbana de Aguaytía, presentó niveles de Contaminación Intermedio en promedio para bacterias y fungi durante los meses de Noviembre del 2021, Marzo y Julio del 2022.

**Palabras clave:** Calidad microbiológica, contaminación ambiental, microorganismos, patógenos, zona urbana

## Abstract

The environmental contamination of air has been increasing and the environmental quality has deteriorated, provoking problems in people's health given that microorganisms are present in said environment which can provoke different sicknesses. The objective of the present research was to determine the microbiological quality of the air in the urban zone of Aguaytia in the Ucayali region [of Peru], at five sampling points: Malecón Rio Aguaytía, Parque Nuevo Aguaytía, Plaza Miguel Grau, Plaza Mayor, and Parque 23 de Marzo. In order to do this, a volumetric method was used which consisted in extracting samples of air with syringes sterilized in BHI broth for bacteria and fungi. The greatest average concentrations for the bacteria were recorded in March with 528 UFC/m<sup>3</sup>, followed by July with 496 UFC/m<sup>3</sup>, and November with 464 UFC/m<sup>3</sup>; while for the fungi, the greatest average concentrations were in March with 464 UFC/m<sup>3</sup>, while November and July presented the same values of 144 UFC/m<sup>3</sup>. Also, it was determined that a significant correlation did not exist between the concentration of microorganisms (UFC/m<sup>3</sup>) with the temperature (°C) and relative humidity (%), during the period analyzed. Eight genres of bacteria were identified, with the most predominant being *Pantoea agglomerans*, *Bacillus sp.*, and *Staphylococcus sp.*; while for the fungi, six genres were identified, with the most predominant being *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.*, and *Geotrichum sp.* The microorganisms that were isolated and identified were considered to be opportunists and pathogenic. Finally, it was concluded that the microbiological quality of the air in the urban zone of Aguaytia presented intermediate levels of contamination, on average, for bacteria and fungi during the months of November 2021, and March and July of 2022.

**Keywords:** microbiological quality, environmental contamination, microorganisms, pathogenic, urban zone

## I. INTRODUCCION

En la actualidad la contaminación ambiental del aire ha ido creciendo y su calidad ambiental se ha deteriorado, siendo afectada por las diversas actividades causadas por el hombre, convirtiéndose en un problema para las ciudades. Existen parámetros biológicos que no están siendo considerados por la normativa nacional, entre ellos tenemos a los microorganismos que se encuentran presentes en el aire como las bacterias y fungi, y que provienen de diferentes fuentes naturales y antropogénicas.

Dichos microorganismos siempre han convivido con las personas, pero en elevadas concentraciones pueden ser perjudiciales para la salud, y más aún existen patógenos que generan diversas enfermedades del tipo respiratoria y alérgicas en el ser humano, y que por medio de la dispersión puede afectar a las zonas aledañas del punto de origen. Por ello su monitoreo en las ciudades es de gran importancia para determinar su concentración en UFC/m<sup>3</sup> y la identificación de patógenos suspendidos en el aire, para proponer medidas de prevención y mitigación.

La ciudad de Aguaytía es un área urbana de reciente crecimiento, donde circulan y transitan un gran número de personas producto de las actividades económicas, entre otros. Además de ser capital de la Provincia de Padre Abad, por ello conocer la calidad ambiental del aire por presencia de bacterias y fungi es muy importante para la protección de la salud de las personas.

Por ello en el presente proyecto de investigación se planteó la siguiente interrogante ¿Cuál es la Calidad microbiológica del aire en la zona urbana de Aguaytía, Región Ucayali en el periodo de noviembre del 2021 hasta julio del 2022? Y teniendo como hipótesis que la Calidad Microbiológica del aire en la zona urbana de Aguaytía tiene un nivel de contaminación Baja.

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivo general

- Determinar la calidad microbiológica del aire en la zona urbana de Aguaytía, Región Ucayali.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de bacterias y fungi presentes en el aire en los puntos de estudio de la zona urbana de Aguaytía.
- Determinar la correlación de la temperatura y humedad relativa con la concentración de bacterias y fungi en los puntos de estudio de la zona urbana de Aguaytía.
- Aislar e identificar las bacterias y fungi potencialmente patógenas presentes en el aire en los puntos de estudio de la zona urbana de Aguaytía.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. A nivel internacional

Vivas (2021) en la Ciudad de Calceta, Manabi, Ecuador realizo una caracterización microbiológica del aire en su casco urbano, observando que la concentración de bacterias y fungi varia significativamente de acuerdo a la hora, día de muestreo y lugar. También identificó los géneros bacterianos *Staphylococcus*, *Bacillus*, y *Streptococcus*. Debido a su sensibilidad a la temperatura, la desecación y los desinfectantes, no se pudo detectar la presencia de bacterias Gram negativas, ya que su capacidad de supervivencia es menor. Los géneros fúngicos identificados fueron: *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Penicillium* y *Rhizopus*, de los cuales son patógenos para la salud de la población.

Méndez, et al. (2015) en Neiva, Colombia realizo la identificación de microorganismos, tanto bacterias como hongos presentes en el aire, determinó una carga bacteriana y de hongos de 3 530 y 1 181 UFC/m<sup>3</sup> para época de sequías respectivamente, mientras que en épocas de lluvias las bacterias y hongos tuvieron un promedio de 2 213 y 751 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente, dichos resultados indican que la concentración microbiana fue mayor durante época seca con respecto a época de lluvias, siendo el crecimiento bacteriano mayor que el fúngico en las dos épocas del año.

Herrera et al., (2015) evaluó la contaminación del aire causada por hongos microscópicos en la ciudad de Guatemala de colecciones biológicas y museos, el valor más alto en la Micoteca fue de 1780 UFC/m<sup>3</sup> en los ambientes del exterior y 1270 UFC/m<sup>3</sup> en el interior, para el Herbario fue de 2790 UFC/m<sup>3</sup> en el exterior y 1450 UFC/m<sup>3</sup> en el interior, para el MUSAC fue de 990 UFC/m<sup>3</sup> en el exterior y 1010 UFC/m<sup>3</sup> en el interior. Durante el muestreo, se observó el

predominio de *Penicillium sp*, *Cladosporium sp.* y *Aspergillus sp.*, además de *Fusarium sp.* y *Paecilomyces sp.*

### 2.1.2. A nivel nacional

Muñoz y Soberón (2021) en la Vía evitamiento de la ciudad de Cajamarca, determino la calidad microbiológica del aire, obteniendo un nivel de contaminación ambiental intermedia para bacterias con 337 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que para hongos el nivel de contaminación fue baja con 75 UFC/m<sup>3</sup>. Además, estableció que no existe una relación significativa al correlacionar variables como la concentración de microorganismos, tránsito vehicular, humedad y temperatura obteniendo una relación inversa.

Jambo y Mendoza (2019) en una Planta de Tratamiento de residuos sólidos en Cajamarca desarrollaron su investigación para evaluar la calidad microbiológica del aire durante el periodo 2018 – 2019, determinan que la calidad del mes de setiembre del 2018 es mala con 2408 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que en marzo del 2019 los valores obtenidos estuvieron por debajo de la norma OSHA, con 1463 UFC/m<sup>3</sup>. En cuanto a la influencia de la humedad relativa hacia la concentración microbiología menciona que influye de forma directamente proporcional, dado que a mayor humedad relativa existe mayores concentraciones microbianas.

Castillo (2019) en la UNASAM evaluó en el material particulado los microorganismos patógenos oportunistas presentes, identificando la existencia de 21 especies de bacterias, de las cuales 16 fueron patógenas siendo las familias *Streptococcaceae*, *Pasteurellaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Coccaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Pasteurellaceae*, *Neisseriaceae*, *Lactobacillaceae* y *Micrococcaceae*. Mientras que en los fungi identifico a 5 especies de los géneros *Mucor*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* y *Fusarium*. También analizo la correlación entre la precipitación y los microorganismos, identificando que existe una relación inversa entre las variables analizadas, ya que la precipitación arrastra las partículas suspendidas en el aire mediante un proceso de lavado, en cuanto a la velocidad del viento determina que hay una relación directa, porque dicho parámetro permite el desplazamiento de los microorganismos.

Castro (2018) caracterizo los bioaerosoles después de una precipitación pluvial y estableció su relación con las infecciones respiratorias agudas, los géneros más predominantes

para Bacterias fueron *Staphylococcus* 18,5% y *Escherichia coli* 51,4%, esto se atribuye a la falta de saneamiento adecuado y a la presencia de heces en el aire libre. En los fungi los más predominantes fueron *levaduras* 76,3%, *Rhizopus sp* 100% y *Penicillium sp* 77,5%. Concluye la existencia de un mayor crecimiento de bacterias y fungi después de una precipitación pluvial con respecto a días secos.

Calderón (2018) estableció una relación entre la calidad microbiológica del aire y el sistema de drenaje pluvial en Huánuco, determinando que si existe una relación por la acumulación de residuos sólidos y presencia de agua. Para el caso de los hongos en los puntos evaluados determino un grado de contaminación desde muy baja hasta intermedia (<25 hasta 500 UFC/m<sup>3</sup>) el cual varía de acuerdo al sistema de drenaje pluvial y a las zonas de estudio. En cuanto a las bacterias se determinó la existencia de contaminación microbiológica con un grado desde bajo hasta alto (50 hasta 2000 UFC/m<sup>3</sup>).

Ramos y Meza (2017) investigaron el impacto de los factores meteorológicos en el desarrollo de las esporas de fungi, demostrando la existencia de una correlación significativa positiva entre las variables analizadas como la concentración de esporas, velocidad del viento, temperatura e índice UV. Para la humedad relativa obtuvo una correlación negativa. Además, identifico fungi aeroalergenicos como *Cladosporium*, *Penicillium* y *Aspergillus*, estando presentes durante el periodo de estudio.

### **2.1.3. A nivel local**

Advíncula (2021) en el distrito de Castillo Grande, determino la contaminación microbiológica del aire por microorganismos, obteniendo valores máximos de  $470 \times 10^3$  NMAV/cm<sup>3</sup>, y mínimos  $107 \times 10^3$  NMAV/cm<sup>3</sup>. Las bacterias más predominantes fueron *Bacillus sp.*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Pantoea agglomerans* y *Proteus mirabilis*. Mientras que en los fungi identifico a *Geotrichum sp.* y *Fusarium sp* como los más predominantes. Concluye que si existe contaminación microbiológica por la presencia de bacterias y fungi patógenos.

Olivera (2020) en una Microestación biológica en Tingo María, determino su calidad microbiológica del aire, estableciendo una calidad buena para para 05 áreas estudiadas y

una calidad mala para 01 área (caseta de otorongo). Identifico a 20 géneros de bacterias, siendo las más predominantes: *Bacillus sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus sp.*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter hafniae* y patógenas como *Streptococcus sp.*, *Bacillus anthracis* y *Clostridium perfringens*. En los fungi identificó a 07 géneros, siendo los más predominantes *Pecillium sp.*, *Geotrichum sp.* y *Aspergillius sp.*, y patógenos como *Microsporium sp.* y *Epidermophyton sp.*

Ramos (2019) desarrollo su investigación en las áreas verdes de la ciudad de Tingo María, identificando microorganismos patógenos en las partículas atmosféricas sedimentales, determinando que las principales fuentes que inciden en la contaminación microbiológica fueron las ventas de comidas, comercios, mal drenaje, calles, transporte, y presencia de heces de animales. Identifico a 14 géneros de bacterias, siendo las más frecuentes *Bacillus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Pantoea agglomerans*. En los fungi identificó a 14 géneros, siendo los más relevantes *Candida sp.* y *Rhizopus sp.*, mientras que el mas predominante fue *Aspergillus sp.* como oportunista.

## 2.2. Calidad Ambiental

La calidad ambiental está definida como las propiedades del medio ambiente, las acciones de la naturaleza y las personas, manteniendo sus condiciones en un nivel óptimo para la vida armoniosa de todos los seres vivos, por lo que debe ser considerada como prioridad para las personas (Rojas, 2011).

La acción descontrolada del ser humano sobre el entorno natural desde tiempos remotos hasta la actualidad, agravada en las últimas décadas, ha dado lugar a la crisis medio ambiental que enfrente la humanidad. Es concepto de desarrollo sustentable se ha propuesto como una herramienta para mejorar nuestra calidad de vida, estableciendo un sistema global que integre de manera armoniosa los aspectos sociales, naturales y económicos (Rojas, 2011). Los indicadores ambientales son los que mejor reflejan la calidad de vida de una sociedad. Es decir, solo cuando se han satisfecho en gran medida las necesidades básicas como la atención médica, el empleo, la vivienda o el tiempo libre, es cuando la protección del ambiente adquiere verdaderamente un lugar prominente en la lista de preocupaciones principales de las personas (Querol, 2008).

El aire consiste en una combinación compleja de diversas sustancias, entre sus principales componentes tenemos al nitrógeno, el oxígeno y el vapor de agua, en menor proporción también se encuentran el dióxido de carbono, metano, hidrogeno, argón y helio (Matus y Lucero, 2002). La evaluación de la calidad del aire se relaciona con la medición de la presencia de sustancias contaminantes en la atmosfera, las cuales pueden afectar a las personas durante un tiempo específico. Esta evaluación tiene como objetivo salvaguardar la salud humana y preservar el medio ambiente (Korc et al., 2000), para lograr ello se establecen niveles y límites de concentración para periodos específicos de exposición, de manera que el riesgo derivado de la exposición a los contaminantes se mantenga dentro de límites socialmente aceptables. De esa forma se busca garantizar que la personas no estén expuestas a niveles peligrosos de contaminación del aire y se promueva un entorno saludable para la sociedad en general (Matus y Lucero, 2002).

### **2.3. Contaminación del aire**

La contaminación del aire se define como la existencia de sustancias contaminantes en la atmosfera que causan cambios en su composición y afectan en los diversos componentes del ecosistema. Desde una vista antropocéntrica, la contaminación del aire se refiere a la presencia de contaminantes que tienen un impacto negativo en la salud y el bienestar de las personas. Estos contaminantes se clasifican según su origen en antropogénicos o naturales, siendo los primeros generados por las actividades humanas, y el ultimo por procesos naturales como erupciones volcánicas o la presencia de polen en el aire (Oyarzún, 2010). En la actualidad, la contaminación del aire ha adquirido una relevancia significativa como uno de los problemas ambientales más serios a nivel mundial. Este problema afecta a todas las sociedades, independientemente de su nivel de desarrollo socioeconómico, y tiene un impacto considerable en la salud de las personas. Cada año, millones de personas padecen enfermedades respiratorias y otras afecciones relacionadas con la contaminación del aire, tanto en entornos interiores como exteriores (Romero et al., 2006).

Es cierto que existen grupos de población que se encuentran expuestos a fuentes fijas de contaminante atmosféricos sin contar con zonas adecuadas de protección sanitaria. Algunas industrias pueden tener chimeneas de baja altura, lo que incrementa la dispersión de sus emisiones contaminantes. Además, en muchos casos, estas industrias no implementan medidas de control efectivas para reducir la contaminación atmosférica, esta situación puede generar un mayor riesgo para la salud de las personas que viven en las cercanías de estas fuentes contaminantes. El

crecimiento económico y la urbanización han llevado al desarrollo de actividades como la petrolera, servicios, agroindustria y un aumento en el número de vehículos. Estas actividades generan una alta demanda de combustibles fósiles. Al mismo tiempo, prácticas agropecuarias inapropiadas también contribuyen a la generación de grandes cantidades de contaminantes, estos cuando interactúan con las condiciones ambientales, pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana, los ecosistemas y recursos naturales. Por ello, es importante implementar medidas y políticas adecuadas para mitigar y controlar estos impactos negativos en el medio ambiente y la salud (Romero et al., 2006).

### **2.3.1. Contaminación microbiológica del aire**

Los agentes biológicos son generalmente microscópicos e incluyen virus, bacterias, hongos y protozoos. Estos contaminantes biológicos pueden afectar tanto las vías respiratorias superiores como las inferiores, ya sea a través de reacciones inmunológicas o causando infecciones, pueden desencadenar respuestas alérgicas en algunas personas, como rinitis alérgica o asma, también pueden ser responsables de infecciones respiratorias como bronquitis o neumonía. Existen varias formas en las que pueden ocurrir la contaminación del aire en espacios cerrados, estos mecanismos incluyen la propagación a través de la ventilación, la dispersión de moléculas más grandes mediante la dilución acuosa que da lugar a la formación de bioaerosoles, y la invasión de espacios debido a la destrucción del hábitat original. En entornos con alta humedad el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas pueden tener un impacto negativo en el sistema respiratorio, lo que podría manifestarse en condiciones como el asma, y en casos extremos provocar hemorragia pulmonar (Oyarzún, 2010).

El aire en sí mismo no contiene microorganismos, pero se ha observado que estos tienen la capacidad de desarrollar estructuras especializadas que les permiten resistir y sobrevivir en el medio aéreo. Estos microorganismos pueden dispersarse tanto en entornos al aire libre como interiores, gracias a las corrientes de aire que transportan consigo los microorganismos presentes en otros entornos naturales, como el suelo, agua, plantas y la microbiota del ser humano. Adicionalmente, ciertas actividades industriales, sociales, comerciales y de tráfico vehicular han contribuido a la generación de residuos biológicos, físicos y químicos, emitiendo material particulado que puede actuar como un medio de camuflaje para los microorganismos y facilitar su dispersión (Méndez et al., 2015).

Se han llevado a cabo investigaciones que han confirmado la existencia de microorganismos (bacterias y fungi) en el aire, los cuales pueden ser responsables de diversas enfermedades tanto en plantas, animales y seres humanos. Entre estos microorganismos se incluyen a *Pseudomonas sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, entre otros. De acuerdo a lo mencionado, se han documentado enfermedades como neumonías, bronquitis, asma y pulmonías que afectan principalmente las vías respiratorias, así como infecciones cutáneas, como resultado de la exposición a microorganismos presentes en el aire. En el caso de las plantas, se han identificado microorganismos capaces de producir toxinas que tienen efectos biológicos y patológicos en diferentes cultivos, mientras que algunos pueden causar corrosión en monumentos y edificios, así como el deterioro de fachadas, estructuras y archivos (Méndez et al., 2015).

#### **2.4. Microorganismos en el aire**

Es correcto decir que en el aire existen microorganismos, aunque no se puede afirmar que existe un verdadero “aeroplankton” que viva, se alimente y se reproduzca de forma permanente en él. Muchos microorganismos que normalmente habitan en la hidrosfera y litosfera también pueden hallarse en el aire, estos se consideran alóctonos, es decir provienen de fuentes como el suelo, agua y los seres vivos que habitan en esos entornos. Al ser dispersados por corrientes de aire, pueden ser transportados a otras áreas y colonizar temporalmente el ambiente aéreo, es importante destacar que la presencia y diversidad de microorganismos en el aire pueden variar dependiendo de factores como la ubicación geográfica, la temporada y condiciones ambientales locales (De la Rosa et al., 2002).

La atmosfera no se considera un hábitat propio para la vida y reproducción de la mayoría de microorganismos, solo pocos tienen la capacidad de reproducirse ahí. Durante su transporte aéreo, los microorganismos tienden a disminuir su actividad metabólica hasta que se depositan en un organismo o medio que proporcione condiciones óptimas para su crecimiento o infección. No obstante, su existencia adquiere una importancia ecológica significativa, debido a su capacidad de dispersarse ampliamente, algo que difícilmente pudieran lograr en su hábitat principal como el suelo y el agua (Rosas, 2004). En el aire, se pueden encontrar diversos tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos, que están suspendidos en él, su presencia dependerá de su origen, así como la dirección e intensidad de las corrientes de aire, y también de la capacidad de supervivencia de cada microorganismo en ese entorno (De la Rosa et al., 2002). El

aire desempeña un papel crucial en la transmisión y dispersión de los patógenos, los seres humanos pueden verse expuestos a través de diferentes vías, como la inhalación, ingestión y absorción a través de la piel (Ríos, 2011).

#### **2.4.1. Permanencia**

La permanencia de los microorganismos está determinada por características como su forma, tamaño y peso, así como la presencia y fuerza de las corrientes de aire que los mantienen suspendidos. Factores adversos que pueden afectar su tiempo de permanencia incluyen obstáculos que reducen la velocidad y la capacidad de arrastre de los vientos, así como las precipitaciones, que llevan las partículas suspendidas hacia el suelo (De la Rosa et al., 2002).

#### **2.4.2. Supervivencia**

Las condiciones físicas y químicas de la atmosfera no son propicias para el crecimiento y la supervivencia de la mayoría de microorganismos, lo que limita su capacidad para permanecer en el aire durante tiempos prolongados. Las esporas son consideradas las formas de vida con mayor capacidad de supervivencia y presentan diversas características que contribuyen a su habilidad para sobrevivir en la atmosfera, ello se debe a su metabolismo reducido, lo que significa que no requieren nutrientes externos, ni agua para mantenerse durante periodos prolongados, así mismo cuentan con otras estructuras que incrementan su capacidad de supervivencia en este entorno. Algunas de ellas poseen paredes gruesas que las protegen de la deshidratación, mientras que otras tienen pigmentación que las ayuda a resistir la radiación ultravioleta, sumado a que su baja densidad les permite permanecer suspendidas en el aire sin precipitar o sedimentar hacia el suelo (De la Rosa et al., 2002).

La capacidad de supervivencia de las bacterias varía debido a las diferencias en su estructura y metabolismo. En términos generales, las bacterias Gram positivas tienden a ser más resistentes que las bacterias Gram negativas debido al mayor espesor de su pared celular. En condiciones de aire seco por ejemplo *Bacillus* y *Clostridium* pueden sobrevivir durante más de 200 años, mientras que *Mycobacterium* un mes y *Salmonella* sólo diez minutos. La curva de supervivencia es una representación gráfica que muestra el porcentaje de microorganismos vivos en relación al total presentes en el aire. Inicialmente esta curva se mantiene estable, pero luego comienza a descender a medida que diversos factores adversos actúan durante un periodo de tiempo

suficiente para eliminar los microorganismos. Sin embargo, es poco probable que la curva alcance un valor cero, ya que siempre existen algunos microorganismos que tienen la capacidad de sobrevivir a estas condiciones (De la Rosa et al., 2002).

### **2.4.3. Influencia de los factores ambientales en el desarrollo de los microorganismos**

#### **A. Humedad relativa**

La humedad relativa del aire es un factor crucial en la supervivencia de los microorganismos, cuando la humedad disminuye la cantidad de agua disponible para los microorganismos se reduce, lo que provoca la deshidratación e inactivación de muchos de ellos. La desecación puede llevar a una disminución de la viabilidad de los microorganismos en las capas inferiores de la atmosfera, principalmente durante el día. Sin embargo, a mayores altitudes, las condiciones pueden volverse más favorables debido a la evaporación, lo que permite que algunas esporas germinen en las nubes. El crecimiento de los hongos requiere una humedad relativa mínima de 65%. Por otro lado, las bacterias suelen necesitar niveles de humedad más altos para su supervivencia, es importante destacar que las bacterias Gram positivas tienden a ser menos resistentes a la desecación en comparación con las bacterias Gram negativas, ello se refleja en la escasa evidencia de transmisión aérea de las bacterias Gram negativas (De la Rosa et al., 2002).

#### **B. Temperatura**

Debido a la fuerte interrelación entre la temperatura y la humedad relativa, resulta difícil separar los efectos que generan ambas. En la troposfera, se observan variaciones de temperaturas significativas, que van desde alrededor de 40°C cerca de la superficie, hasta - 80°C en las capas superiores, y se registran temperaturas de congelación entre las altitudes de 3 a 5 km, la congelación no causa la destrucción de microorganismos, pero impide su capacidad de multiplicación (Mohr, 1997 citado por De la Rosa et al., 2002). Varios estudios indican que a medida que la temperatura aumenta, se reduce la viabilidad de los microorganismos, un ejemplo de ello son los hongos, que no producen esporas durante las temperaturas mínimas del año (Gonzales et al., 1993).

#### **C. Precipitaciones**

Las lluvias intensas desempeñan un papel importante en la limpieza de la atmosfera al permitir que el polen y las esporas se depositen, existe una relación inversamente

proporcional entre la cantidad de partículas en suspensión en el aire y la duración de las precipitaciones, lo que significa que a medida que las precipitaciones son más prolongadas, la cantidad de partículas aerovagantes tiende a disminuir (Gonzales *et al.*, 1993). En las regiones de clima seco, el aire suele estar cargado de microorganismos, sin embargo, después de la lluvia se observa un descenso en su número debido a que este actúa como un mecanismo de lavado de aire, arrastrándolos y reduciendo su presencia (De la Rosa *et al.*, 2002).

#### **D. Materia orgánica**

La atmosfera presenta una concentración muy baja de materia orgánica, lo cual generalmente es insuficiente para sustentar el crecimiento heterotrófico de los microorganismos. Además, la disponibilidad de agua es limitada, restringiendo el crecimiento de microorganismos autótrofos (De la Rosa *et al.*, 2002).

#### **E. Velocidad del viento**

Desempeña un papel importante en la concentración de contaminantes y microorganismos, dado que existe una relación inversa con la velocidad del viento, lo que significa que en condiciones donde su velocidad es baja y estabilidad atmosférica, se dificulta la dispersión de contaminantes, lo que resulta en un aumento de su concentración. Por otro lado, en condiciones de turbulencia y corrientes verticales fuertes, se promueve la dispersión de los contaminantes, lo que reduce los efectos adversos que pueden tener en la salud humana (Font, 1991).

### **2.5. Bacterias en el aire**

Las bacterias que se encuentran en suspensión en la atmosfera suelen estar asociadas a partículas, lo que significa que su concentración tiende a aumentar durante periodos secos, esto se debe al transporte colectivo de partículas que provienen de superficies secas, mientras que, en temporada de lluvias, la concentración de bacterias disminuye debido al efecto del lavado de la atmosfera ocasionado por la lluvia (Rosas, 2004).

Las plantas albergan una gran cantidad de microorganismos, tanto saprobios como patógenos, desempeñan un papel importante en el aumento de la concentración de bacterias suspendidas en el aire, debido a factores como la acción del viento y la lluvia, así como el roce entre las hojas de las plantas. Durante la temporada lluviosa, las plantas tienen la capacidad de

emitir a la atmosfera una mayor cantidad de bacterias en con comparación con el suelo (Rosas, 2004).

Además, los seres humanos y animales también representan una fuente significativa de bacterias patógenas, las cuales pueden estar presentes en la saliva y se liberan al hablar, toser y estornudar. La descamación de la piel y el cabello constituye una fuente constante de generación de bacterias, hongos y virus, las deposiciones de animales y los seres humanos pueden contaminar el suelo con microorganismos que podrían ser perjudiciales, y existe la posibilidad de que estos microorganismos sean posteriormente dispersados en el aire. Las acciones realizadas por el ser humano, como la circulación de vehículos, las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, los centros de gestión de residuos sólidos, el desplazamiento de animales en áreas sin cobertura vegetal, las prácticas agrícolas y la manipulación de materia orgánica descompuesta, entre otros, generan una considerable emisión de bacterias hacia el aire, lo cual resulta en la contaminación de las zonas cercanas (Rosas, 2004).

**Tabla 1.** Fuentes naturales y antropogénicas que contribuyen a incrementar la concentración de bacterias a la atmósfera.

<b>Fuente</b>	<b>Concentración (UFC/ m<sup>3</sup>)</b>
<b>Naturales</b>	
Costa	ND - 560
Bosques	385 x 1,2x10 <sup>3</sup>
Pastizales	127 - 587
Matorrales desértico	2 – 283
<b>Antropogénicas</b>	
Zona urbana	539 – 7,2x10 <sup>3</sup>
Calles transitadas	100 – 13x10 <sup>3</sup>
Parques	100 – 2,5 x10 <sup>3</sup>
Estación de transferencia de basura	350 – 14 x10 <sup>3</sup>
Planta recicladora de basura	1,1 x10 <sup>3</sup> – 2,8 x10 <sup>7</sup>
Planta de composteo	1 x10 <sup>3</sup> - 11 x10 <sup>6</sup>
Planta de tratamiento de aguas residuales	1 x10 <sup>2</sup> - 2 x10 <sup>5</sup>
Zona rural	202 – 3,4 x10 <sup>3</sup>
Campo agrícola	46 – 6,5 x10 <sup>3</sup>

UFC: Unidades formadoras de colonia. ND: No detectable  
Fuente: Rosas, 2004

### 2.5.1. Géneros

#### - Género *Enterobacter*

Las bacterias del género *Enterobacter* son bacilos Gram negativos que pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, estas se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza y se pueden ser hallados en diversos entornos como el suelo, el agua y formando parte de la microbiota presente en animales, insectos y el tracto gastrointestinal del ser humano, este género incluye 21 especies (Silva y Martínez, 2018). Durante las últimas décadas el género *Enterobacter* ha ganado relevancia en el ámbito clínico y ha surgido como un patógeno frecuentes en las Infecciones asociadas a la atención en la salud (IAAS), principalmente de bacteriemia en Unidades de Cuidados Intensivos (Moreno et al., 2020).

#### - Género *Proteus*

El género *Proteus* pertenece a la familia de las Enterobacteriaceas, se compone de 8 especies diferentes: *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Proteus myxofaciens*, *Proteus hauseri*, *Proteus penneri*, y las genomoespecies 4,5 y 6. Se caracterizan por ser bacilos Gram (-), extraordinariamente móviles, su habitat natural es el intestino del hombre (Largo et al., 1973). *Proteus mirabilis*, así como en menor medida *P. vulgaris* y *P. penneri* se han identificado como causantes de diversos tipos de infecciones como del tracto urinario, infecciones quirúrgicas, neumonías, bacteriemias, septicemias e infecciones oculares. Además, numerosos estudios han evidenciado la creciente importancia del género *Proteus* en infecciones nosocomiales (Castro et al., 2006).

#### - Género *Serratia*

El género *Serratia*, forma parte de la familia Enterobacteriaceae, por ello es un bacilo Gram negativo facultativo anaerobio, con resultado negativos para la prueba de oxidasa. Tiene una notable capacidad de crecimiento en medios de cultivo como agar sangre, agar chocolate y agar McConkey. La clasificación actual del género, incluye ocho especies distintas: *Serratia fonticola*, *Serratia ficaria*, *Serratia entomophila*, grupo *Serratia liquefaciens* (*liquefaciens*, *proteamaculans* y *grimesii*), *serratia marcescens* y *Serratia marcescens* biogrupo1, *Serratia odorifero* biogrupos 1 y 2, *Serratiaplymthica* y *Serratia rubidae* (Duarte, et al., 2001).

El género *Serratia* comprende bacterias oportunistas que no forman parte habitual de la microbiota intestinal humana y tienen su hábitat en la naturaleza, *Serratia sp.* es responsable del 2% de las infecciones nosocomiales. En términos de su potencial patogénico, no se ha asociado a *S. entomophila* con problemas en humanos, *S. plymuthica* y *S. fonticola* tienen una baja incidencia en enfermedades humanas, mientras que el grupo de *S. liquefaciens* es la que se encuentra con mayor frecuencia en casos de infecciones. *Serratia marcescens* es la causa principal en más del 90% de los casos, mientras que hay una escasa cantidad de informes sobre infecciones provocadas por otras especies del género (Gentile et al. 2014).

- **Género *Pantoea***

El género *Pantoea* se compone de un grupo variado de bacterias Gram negativas con forma de bastón y que presentan pigmentación amarilla. *Pantoea* está compuesta actualmente por 20 especies reconocidas que son fenotípicamente similares (Walterson y Stavrínides, 2015).

- **Género *Bacillus***

El género *Bacillus* se encuentra dentro de la familia *Bacillaceae* y está compuesto por microorganismos Gram positivos que pueden ser aerobios o anaerobios facultativos, el cual abarca más de 50 especies diferentes. La mayoría de estos microorganismos son saprofitos, lo que significa que obtienen sus nutrientes de la materia orgánica, además se encuentran ampliamente en diversos entornos del medio ambiente como en el suelo, agua dulce y salada, alimentos, materia vegetal y tracto gastrointestinal de los animales (Cortez, et al., 2017)

En el ámbito clínico, son de especial importancia para los seres humanos, entre ellos se encuentran *B. anthracis* que es el agente causal de carbunco y *B. cereus* que puede provocar intoxicaciones e infecciones clínicas, estas incluyen la bacteremia, septicemia, infecciones del sistema nervioso, sistema respiratorio, meningitis, endocarditis, pericarditis, abscesos, infecciones oculares, entre otros. Además, otras especies como *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. macerans*, entre otras, pueden actuar como patógenos oportunistas (Cortez, et al., 2017).

### - Género *Staphylococcus*

El género *Staphylococcus* está compuesto por bacterias en forma de cocos, que son Gram positivos, y tienen un diámetro que oscilan entre 0,5 a 1,5  $\mu\text{m}$ . Son bacterias no móviles, no esporuladas, por lo general, no poseen capsula, aunque hay algunas cepas que pueden desarrollar una capsula del tipo limo, también son anaerobios facultativos lo que significa que pueden crecer en presencia o ausencia de oxígeno. Este género incluye 32 especies, de las cuales 16 de ellas se encuentran en los humanos, algunas de estas especies forman parte de la microbiota normal de la piel y las mucosas de los humanos, mientras que otras se encuentran exclusivamente en la flora de otros mamíferos y aves (Cervantes et al., 2014).

Algunas de estas especies de *Staphylococcus* son patógenas cuando hay predisposición o inmunosupresión en el huésped, así como en presencia de cuerpos extraños. Por lo general, cada especie tiene a colonizar una ubicación anatómica específica en el huésped. Dentro de las especies que colonizan a los humanos, las más relevantes desde el punto de vista clínico son: *S. aureus* y *Staphylococcus lugdunensis*; en cuanto en animales, además de *S.aureus* se encuentra también a *Staphylococcus intermedius*. El *Sthaphylococcus epidermis* y *Sthaphylococcus saprophyticus* son frecuentemente responsables de infecciones relacionadas con dispositivos médicos y de infecciones del tracto urinario, sin embargo, se considera que estos microorganismos son menos infecciosos en comparación con *S.aureus* (Cervantes, et al., 2014).

### - Género *Lactobacillus*

*Lactobacillus* es uno de los géneros probióticos más significativos y se puede encontrar en cualquier hábitat, o en lugares donde hay disponibilidad de carbohidratos, se han identificado más de 140 especies distintas, las cuales son bacterias Gram positivas no móviles, catalasa negativa, no forman esporas, además tienen la capacidad de crecer en ambientes microaerófilos o anaeróbicos (Ramírez, 2010).

### - Género *Streptobacillus*

*Streptobacillus* es un género de bacterias Gram negativas, las cuales son facultativamente anaerobias, lo que significa que pueden crecer tanto en presencia como ausencia de oxígeno, tienen una forma de bastoncito, y requieren suero ascítico o sangre para su desarrollo

óptimo. Estos microorganismos se encuentran en la garganta y nasofaringe de ratas salvajes y de laboratorio y pueden causar una enfermedad conocida como fiebre por mordedura de rata en los seres humanos (Koneman, 1997)

### 2.5.2. Enfermedades transmitidas por bacterias

Existen diversas enfermedades bacterianas que se transmiten por el aire, las cuales se encuentran resumidas en la Tabla 2. Principalmente, estas enfermedades son causadas por bacterias Gram positivas debido a su capacidad para sobrevivir en el aire durante periodos prolongados. Pueden afectar tanto al tracto respiratorio superior, incluyendo casos como faringitis, epiglotitis y difteria, como al tracto respiratorio inferior que abarca bronquitis, neumonías, tos ferina y tuberculosis. Además, algunas de estas bacterias pueden propagarse desde el tracto respiratorio a través de la sangre y afectar otros órganos, como en casos de meningitis, carbunco pulmonar, fiebre Q y peste (De la Rosa et al., 2002).

**Tabla 2.** Enfermedades bacterianas transmitidas en el aire

<b>Enfermedades</b>	<b>Géneros y especies</b>
Amigdalitis, faringitis, bronquitis, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Neumonía Clásica	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Neumonía atípica, bronquitis	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> <i>Chlamydophila pneumoniae</i> <i>Chlamydophila psittaci</i>
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>
Meningitis, epiglotitis, neumonía	<i>Haemophilus influenzae</i>
Tosferina	<i>Bordetella pertussis</i>
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Legionelosis	<i>Legionella pneumophila</i>
Actinomicosis	<i>Actinomyces israelii</i>
Nocardiosis	<i>Nocardia asteroides</i>
Fiebre Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Carbunco pulmonar	<i>Bacillus anthracis</i>
Peste	<i>Yersinia pestis</i>

Fuente: De la Rosa et al.(2002)

## 2.6. Fungi en el aire

Los hongos son organismos eucariotas que forman un grupo diverso y heterogéneo, poseen una pared celular y varios de sus componentes pueden tener propiedades alergénicas. Son organismos heterótrofos y muchos de ellos son saprófitos, obteniendo nutrientes de materia orgánica en descomposición, mientras que otros son parásitos de plantas y animales. Se reproducen mediante la fragmentación de las hifas, que son estructuras filamentosas que componen su cuerpo, o a través de la formación y dispersión de esporas, que pueden ser asexuales o sexuales. También son organismos cosmopolitas, aunque tienden a prevalecer en áreas con alta humedad, pueden crecer en una amplia variedad de sustratos y su desarrollo está influenciado por factores como la humedad, temperatura, ventilación, iluminación, disponibilidad de nutrientes, pH y contaminación del aire (Sánchez y Almaguer, 2014).

El aire es un entorno natural para las esporas de numerosos hongos y a pesar de su diminuto tamaño, tienen una amplia dispersión y un gran impacto en la salud de las personas y en diversas áreas, como la producción agrícola (Ramos y Meza, 2017). Un considerable número de especies de hongos son responsables de causar micosis en seres humanos, y una gran cantidad de ellos también se informa como patógenos que afectan a las plantas (Sánchez y Almaguer, 2014). Tanto el aire exterior (extramural o bioaerosol atmosférico) o de interior (intramural o intradomiciliario) contiene esporas libres fúngicas. La cantidad y el tipo de esporas varían a lo largo del tiempo, durante el día, según la humedad, estación del año, la ubicación geográfica y la presencia local de diferentes fuentes de las cuales se liberan las esporas. Por lo tanto, es de gran importancia estudiar las esporas fúngicas en el muestreo aerobiológico (Belén, 2015).

La mayoría de los hongos que poseen estructuras de reproducción externas, aprovechan las corrientes de aire para liberar y dispersar sus esporas. Varios estudios han investigado el comportamiento de las esporas fúngicas en el entorno exterior, y se han observado diferencias estacionales en su comportamiento según los distintos géneros, relacionadas con los factores ambientales característicos de cada lugar. Se ha sugerido que la concentración de hongos en el aire tiende a ser mayor en regiones templadas y tropicales en comparación con latitudes altas y zonas desérticas, donde la colonización fúngica está restringida debido a las condiciones climáticas desfavorables (Sánchez y Almaguer, 2014). Es fundamental adquirir conocimientos sobre los elementos que influyen en la presencia y concentración de las esporas para establecer la

relación entre la dispersión de las esporas y las alergias respiratorias causadas por ellas. Existen pruebas que indican que el cambio climático está teniendo un impacto en los diversos procesos aerobiológicos como emisión, dispersión, transporte y deposición de los alérgenos presentes en el aire. La realidad del cambio climático es innegable y plantea una potencial amenaza para las personas afectadas por condiciones alérgicas. Durante las últimas décadas, los estudios han revelado modificaciones en la producción, contenido de polen y esporas, cambios en entornos urbanos, estos cambios pueden estar influenciados por contaminantes abióticos presentes en el aire urbano, los cuales interactúan con ellos (Belén, 2015).

### **2.6.1. Géneros**

#### **- Género *Aspergillus***

Este género es un tipo de hongo filamentoso transparente que se alimenta de materia orgánica en descomposición, pertenece al grupo Ascomycota. Está compuesto por estructuras llamadas hifas, que son transparentes y tienen divisiones en su interior y pueden reproducirse tanto de forma sexual, mediante la formación de esporas dentro de estructuras llamadas ascas, y de forma asexual mediante la formación de conidios. Las diferentes especies del género *Aspergillus* se encuentran ampliamente dispersas en diversos entornos naturales y pueden ser encontradas en una amplia gama de materiales orgánicos. Debido a su capacidad de los conidios para dispersarse fácilmente y su tamaño pequeño, estos pueden permanecer suspendidos en el aire durante periodos prolongados, como resultado los seres humanos están expuestos de manera constante a su inhalación. Del alrededor de 180 especies de *Aspergillus* existentes, solo 40 de ellas son capaces de causar infecciones en seres humanos y animales (Abarca, 2000). *Aspergillus fumigatus* y *Aspergillus flavus*, son los dos agentes causantes más frecuentes de infecciones en seres humanos. Se cree que la vía de transmisión habitual de estas infecciones es la inhalación de las pequeñas esporas fúngicas, que tienen un tamaño aproximado de 2 a 3  $\mu\text{m}$  (Collen, 2014).

#### **- Género *Blastomyces***

Este organismo es un tipo de hongo transparente y filamentoso, y pertenece al grupo de hongos llamado Ascomycota. Su forma de crecimiento varía según la temperatura, a 25°C crece como un hongo saprofito que se alimenta de materia orgánica en descomposición, mientras

que a 37°C se desarrolla como una levadura parasita que afecta tanto a los humanos como a animales. Se cree que los seres humanos se infectan al inhalar polvo que está contaminado con las esporas de este hongo (Koneman, 1997).

- **Género *Geotrichum***

Los hongos del género *Geotrichum* se encuentran en todas partes, son filamentosos y tienen una apariencia similar a la de una levadura. Se pueden encontrar en diferentes lugares como el suelo, el aire, el agua, la leche, la ropa, los vegetales, así como en el tracto digestivo de humanos y animales. Es parte normal de la flora de la piel y las membranas mucosas, y se han encontrado en cultivos de muestras como esputo, heces, orina y secreciones vaginales, con una frecuencia informada en diferentes estudios que oscila entre 18% y 31%: (Cornejo, et al., 2000).

El género *Geotrichum* consta de 18 especies, siendo las más comunes en la patología de las personas *Geotrichum clavatum* (reclasificado como *S.clavata*) y *Geotrichum capitatum* (reclasificado como *Saprochaete capitata*). La forma más común de adquirir una infección por estos hongos es a través de la ingestión de alimentos, especialmente el queso, ello se debe a que lo utilizan en el proceso de maduración (Salguero, et al., 2019).

- **Género *Fusarium***

El género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y plantas. Debido a su capacidad de crecer a 37°C son considerados oportunistas. Puede causar infecciones sistémicas en pacientes inmunocomprometidos, con una alta mortalidad. Algunas de sus especies producen toxinas que afectan al hombre y animales, existiendo más de 100 especies (Tapia y Amaro, 2014). Diversas especies del género *Fusarium* causan infecciones en humanos (fusariosis) que pueden manifestarse de manera local o asociadas a dispositivos, localmente invasivas o diseminadas. Este es un género ubicuo, debido a su capacidad de crecer en una amplia gama de sustratos y a sus mecanismos eficientes para la dispersión. Se considera saprofita del suelo y tiene como puertas de entrada la piel, las uñas, la vía aérea, el sistema gastrointestinal y los ojos. Las especies reportadas con mayor frecuencia en dichas infecciones son: *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium moniliforme* (Sánchez y Almaguer, 2014).

- **Género *Rhizopus***

*Rhizopus*. es un género que pertenece al orden Mucorales y la familia Mucoraceae. Los mucorales son responsables de causar infecciones conocidas como mucormucosis, las cuales son provocadas exclusivamente por mohos. Estos hongos filamentosos comparten la característica de estar ampliamente distribuidos en el medio ambiente, incluyendo el suelo, estiércol y materia orgánica. Existen tres formas comunes de infección: la inhalación de esporas transportadas por el aire, la inoculación directa a través de traumatismo en la piel y la ingestión de alimentos contaminados. Al realizar un análisis microscópico, las características microbiológicas más importantes incluyen la presencia de hifas anchas, irregulares y ramificadas, no segmentadas (aseptadas), así como estructuras en forma de bolsas llamadas esporangios que contienen esporas. Este género tiende a formar rizoides (raíces), por lo que su presencia permite diferenciarlo de otros géneros. Las hifas de estos hongos tienen un diámetro promedio que varía entre 3 a 25  $\mu\text{m}$  y presentan paredes no paralelas que se fragmentan fácilmente en pedazos más pequeños (Arias y Garzón, 2010)

Los hongos pertenecientes al género *Rhizopus* tienen la capacidad de dispersar sus esporas a través del aire, debido a su naturaleza anemófila. Esto significa que las esporas pueden permanecer suspendidas en el aire, pero también es posibles encontrarlas en el suelo. Cuando están presentes en el aire o el suelo, no son perceptibles a simple vista. Por lo tanto, solo es posible observar estos hongos cuando se desarrollan en alimentos que se encuentran en proceso de descomposición. La forma más frecuente de contraer una infección por estos hongos es a través de la inhalación, cuando respiramos el aire que contiene esporas de *Rhizopus* u otro hongo mucoral, existe la posibilidad de que estos ingresen a nuestro sistema respiratorio, por ejemplo, si inhalamos las esporas *presentes* en frutas contaminadas a través de la nariz, y si nuestras defensas inmunológicas están debilitadas y no pueden eliminarlos, estos pueden colonizar los senos paranasales, mediante el uso de sus enzimas acceder al torrente sanguíneo, propagarse y provocar la destrucción de tejidos sanguíneos, esta acción interfiere con la irrigación de los tejidos, lo que provoca la necrosis (Castañón, 2021).

Usualmente, es común que el hongo afecte el área orbital de la cara, en casos más avanzados puede *invadir* la región cerebral, lo que da lugar a una condición conocida como mucormicosis rinocerebral o craneofacial. Además, una vez inhalado el hongo puede descender y afectar las vías respiratorias inferiores, ocasionando una mucormicosis pulmonar. Es importante

tener en cuenta que solo las *personas* con un sistema inmunológico debilitado son susceptibles a desarrollar estos cuadros clínicos (Castañón, 2021).

### 2.6.2. Enfermedades transmitidas por hongos

La Tabla 3 muestra las enfermedades fúngicas que se transmite a través del aire. Algunos hongos levaduriformes como *Cryptococcus*, *Coccidioides*, *Blastomyces* e *Histoplasma*, son responsables de enfermedades pulmonares. A partir de los pulmones estos microorganismos pueden invadir otros tejidos y causar una enfermedad sistémica. Además, las esporas de varios tipos mohos pueden desencadenar reacciones hipersensibilidad, estas pueden ser de dos tipos: inmediata o alergia causada por partículas de aproximadamente de 30µm como las esporas de *Puccinia*, *Alternaria* y *Cladosporium*, afecta el sistema respiratorio superior y puede manifestarse como rinitis y asma; o del tipo y retardada, que afecta el sistema respiratorio inferior y puede causar alveolitis y neumonitis, ello se debe a partículas más pequeñas, menores de 5µm, principalmente esporas de *Aspergillus*, *Penicillium*, y bacterias como los actinomicetos termófilos (De la Rosa et al., 2002).

**Tabla 3.** Enfermedades fúngicas trasmitidas por el aire

<b>Enfermedades</b>	<b>Hongos</b>
Neumonías	<i>Pneumocystis carinii</i>
Micosis sistémicas	<i>Cryptococcus neoformans</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Coccidioides immitis</i>
Hipersensibilidad	<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Alternaria</i> <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i> <i>Botrytis</i> <i>Puccinia</i> <i>Serpula</i> <i>Mucor</i>
Micotoxicosis	<i>Aspergillus</i> <i>Fusarium</i> <i>Stachybotrys</i>

Fuente: De la Rosa et al., 2002

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación política

La presente investigación se llevó a cabo en el área urbana de la ciudad de Aguaytía, situada en el Distrito de Padre Abad, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali, donde se recolecto las muestras de estudio, para su posterior análisis en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de la Ciudad de Tingo María, que pertenece al Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco.

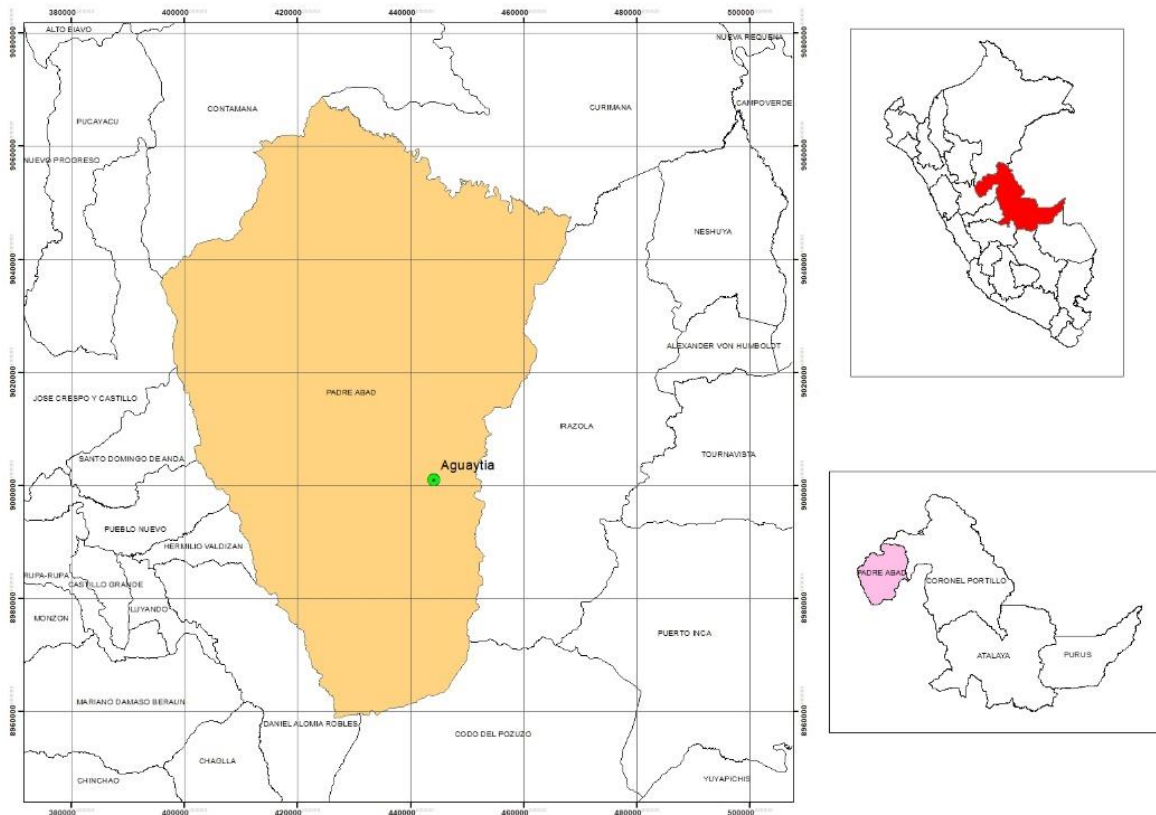


Figura 1. Mapa de Ubicación Política de Aguaytía

### 3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente la Ciudad de Aguaytía está ubicada en las coordenadas UTM, Este: 444 096 m y Sur: 9 001 045 Zona 18 L, a una altitud de 281 msnm. Mientras que las coordenadas donde se recolectaron las muestras se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Coordenadas de los puntos de muestreo en coordenadas UTM

PM	Punto de muestreo	Coordenadas UTM (WGS 84)		Altitud (msnm)
		Este (m)	Norte (m)	
PM1	Malecón Río Aguaytía	444338	9001244	279
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	444217	9001301	278
PM3	Plaza Miguel Grau	444087	9001018	282
PM4	Plaza Mayor	443994	9000802	280
PM5	Parque 23 de Marzo	443913	9000654	282

### 3.1.3. Aspectos sociales y ambientales

#### 3.1.3.1. Clima

SENAMHI (2022), indica que la ciudad de Aguaytía se caracteriza por tener un clima cálido, lluvioso y húmedo, la zona de vida que presenta este lugar es bosque tropical húmedo, lo que favorece el crecimiento de una gran cantidad árboles y arbustos.

#### - Temperatura

Según la Estación “Aguaytía”, la ciudad de Aguaytía presenta una temperatura máxima y mínima media anual de 31,1 °C y 22,1 °C respectivamente (Tabla 5 y 6).

**Tabla 5.** Temperatura Máxima (°C) de la Estación “Aguaytía”.

Año	Meses												Prom.
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2017	29,1	30,2	30,6	31,1	31,6	30,0	31,9	32,9	32,4	32,2	30,4	31,3	31,1
2018	30,8	31,0	30,8	31,0	31,4	29,5	30,9	31,3	33,1	30,6	30,1	30,2	30,9
2019	29,8	29,9	30,7	30,9	31,1	31,7	30,5	33,4	33,1	31,3	31,3	30,1	31,1
2020	30,7	30,6	32,1	30,8	31,4	30,7	30,5	31,8	32,6	32,3	33,1	30,2	31,4
2021	29,8	30,7	30,3	30,1	31,3	30,5	31,0	32,2	32,4	32,2	30,2	30,5	31,0
2022	31,1	29,7	30,0	30,8	31,0	31,4	32,6	31,3	32,9	31,8	31,3	29,8	31,1
Prom.	30,2	30,4	30,7	30,8	31,3	30,6	31,2	32,2	32,7	31,7	31,1	30,4	31,1

Fuente: SENAMHI (2022)

**Tabla 6.** Temperatura Mínima (°C) de la Estación “Aguaytía”

Año	Meses												Promedio
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2017	21,8	22,6	22,0	22,3	22,7	21,4	20,9	22,4	22,4	22,7	22,4	22,7	22,2
2018	22,2	22,4	22,4	22,0	22,2	21,3	21,3	20,9	22,5	22,7	22,8	22,8	22,1
2019	22,4	22,5	22,6	22,4	22,5	21,6	21,2	21,4	22,2	21,9	22,5	22,7	22,2
2020	22,0	22,8	23,0	22,2	22,3	21,3	22,0	21,8	22,2	22,8	22,8	22,4	22,3
2021	22,1	22,5	22,2	22,1	21,8	21,4	20,7	21,7	22,2	22,5	22,2	22,7	22,0
2022	22,6	22,0	22,3	22,2	21,6	20,7	22,3	20,9	22,8	22,4	22,2	22,2	22,0
Prom	22,2	22,5	22,4	22,2	22,2	21,3	21,4	21,5	22,4	22,5	22,5	22,6	22,1

Fuente: SENAMHI (2022)

**- Humedad Relativa**

Según la Estación “Aguaytía”, la ciudad de Aguaytía presenta una Humedad relativa media anual de 87.9 % (Tabla 7).

**Tabla 7.** Humedad relativa (%) de la Estación “Aguaytía”

Año	Meses												Prom
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2017	90,3	89,6	88,7	87,7	87,6	89,4	87,8	87,3	86,9	87,5	89,3	88,6	88,4
2018	88,6	89,3	87,7	87,5	87,7	89,7	88,2	88,2	86,0	88,5	88,8	88,2	88,2
2019	89,8	89,9	89,0	87,9	88,1	86,9	87,7	85,7	84,5	86,1	87,1	89,0	87,6
2020	91,8	88,1	86,9	87,7	87,5	87,7	87,7	86,3	85,7	86,4	85,5	88,2	87,5
2021	88,6	87,2	88,7	87,7	86,6	86,9	87,7	87,8	88,1	88,0	89,2	88,9	87,9
2022	88,7	90,0	89,0	87,9	87,7	86,7	87,0	87,6	86,5	86,4	88,2	88,6	87,9
Prom	89,6	89,0	88,3	87,7	87,5	87,9	87,7	87,1	86,3	87,2	88,0	88,6	87,9

Fuente: SENAMHI (2022)

**- Precipitación**

Según la Estación “Aguaytía”, la ciudad de Aguaytía presenta una Precipitación promedio anual de 355, 0 mm (Tabla 8).

**Tabla 8.** Precipitación (mm) de la Estación “Aguaytía”

Año	Meses												Prom
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2017	658,8	542,3	553,5	442,3	301,2	264,9	143,9	129,0	134,1	426,9	859,5	344,1	400,0
2018	318,9	577,0	374,5	356,9	335,9	290,9	173,8	278,5	151,6	350,2	777,7	495,0	373,4
2019	425,5	471,9	650,6	456,9	248,1	153,4	99,6	172,8	168,0	312,2	373,3	545,9	339,9

2020	362,8	738,8	106,3	418,3	280,1	237,7	31,,2	71,5	352,3	301,8	92,0	674,7	329,2
2021	505,4	525,2	332,4	416,9	235,0	402,5	137,7	53,3	153,4	426,4	673,0	555,6	368,1
2022	552,8	414,2	489,9	194,0	265,7	240,2	158,0	331,6	102,0	322,6	269,2	495,4	319,6
Prom	470,7	544,9	417,9	380,9	277,7	264,9	171,2	172,8	176,9	356,7	507,5	518,5	355,0

Fuente: SENAMHI (2022)

### 3.1.3.2. Zonas de vida

Según el Mapa de Clasificación Climática del Perú elaborado por el SENAMHI en 2020, se establece que la ciudad de Aguaytía se encuentra en la región natural selva baja u omagua- Esta región se caracteriza por tener un clima cálido húmedo lluvioso, además se identifica como una zona de vida de bosque muy húmedo tropical, lo que favorece el desarrollo de una vegetación abundante compuesta por árboles y arbustos.

### 3.1.3.3. Población

La población del distrito de Padre Abad donde se ubica la ciudad de Aguaytía alcanza la cifra de 29 440 habitantes, siendo la población urbana la que representa un 78,27% y la rural 21,73% (INEI, 2017).

### 3.1.3.4. Actividades socioeconómicas

En la Tabla 9 se presenta las actividades económicas a las que se dedica la población urbana del distrito de Padre Abad, siendo las más importantes la Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (34,6 %), Comerciales y reparaciones de vehículos (17,7%), y actividades de alojamiento y de servicio de comidas (6,9%).

**Tabla 9.** Actividades económicas de la Zona Urbana del distrito de Padre Abad – Aguaytía

Actividades económicas	Porcentaje (%)
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	34,6
Comerc., reparación de veh. autom. y motoc.	17,7
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	6,9
Transporte y almacenamiento	6,3
Construcción	5,9
Desocupado	5,5
Industrias manufactureras	4,2
Enseñanza	3,9

Industrias manufactureras	4,2
Enseñanza	3,9
Actividades profesionales, científicas y técnicas	3,5
Adm. pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	3,3
Otras actividades de servicios	2,2
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	1,7
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1,6
Otras actividades económicas	2,7
Total	100

Fuente: INEI (2017)

### 3.2. Materiales y equipos

#### A. Materiales de muestreo

Los materiales para el muestreo fueron: 05 jeringas de 60 ml, 01 mechero, 05 Matraces con BHI, 05 Matraces con BHI + antibiótico, Guardapolvo, mascarilla, guantes quirúrgicos, caja hermética, hielo, y libreta de campo.

#### B. Materiales de laboratorio

Se emplearon diversos materiales de laboratorio como matraces erlenmeyer, placas petri, tubos de ensayo, laminas cubre objetos y porta objeto, varillas de vidrio, pipetas, micro pipeta, asa de siembra bacteriológica, pinzas, mechero, espátulas, gradillas, papel craft, guardapolvo, mascarillas, guantes, gorros quirúrgicos, algodón, alcohol y papel toalla.

#### C. Medios de cultivo

Los medios de cultivo usados fueron: Brian Heart Broth (BHI), Caldo Peptona, Agar Manitol salado, Agar CLED, Agar MacConkey, Agar M77, Agar sabourad glucosa al 5%. Y para las pruebas bioquímicas para bacterias: Indol según Kovacs, SIM, Caldo rojo de metilo (RM), Voges Proskauer (VP), Agar citrato de Simmnons (CS), Agar hierro tres azucares (TSI), Agar lisina- Hierro (LIA), Caldo Malonato y Urea.

## **D. Reactivos**

Los reactivos utilizados fueron: azul de metileno, aceite de cedro, cristal violeta, reactivo lugol, alcohol acetona, safranina, antibiótico ceftriaxona, azul de amann, bálsamo de canada o esmalte de uñas transparentes y agua destilada.

## **E. Equipos**

Los equipos utilizados fueron: balanza analítica (Henkel, modelo KG67503), autoclave (LMIM, modelo MO.25X), horno (Lab line, modelo 403-01), incubadora de bacterias (Thelco, modelo 31483), incubadora de fungi (LP101, modelo N°65-3436), refrigeradora (Meling, YC-315L), microscopio electrónico (Leica, modelo DMSOORH), cámara fotográfica, termohigrómetro, GPS Garmin, y laptop.

### **3.3. Tipo de investigación**

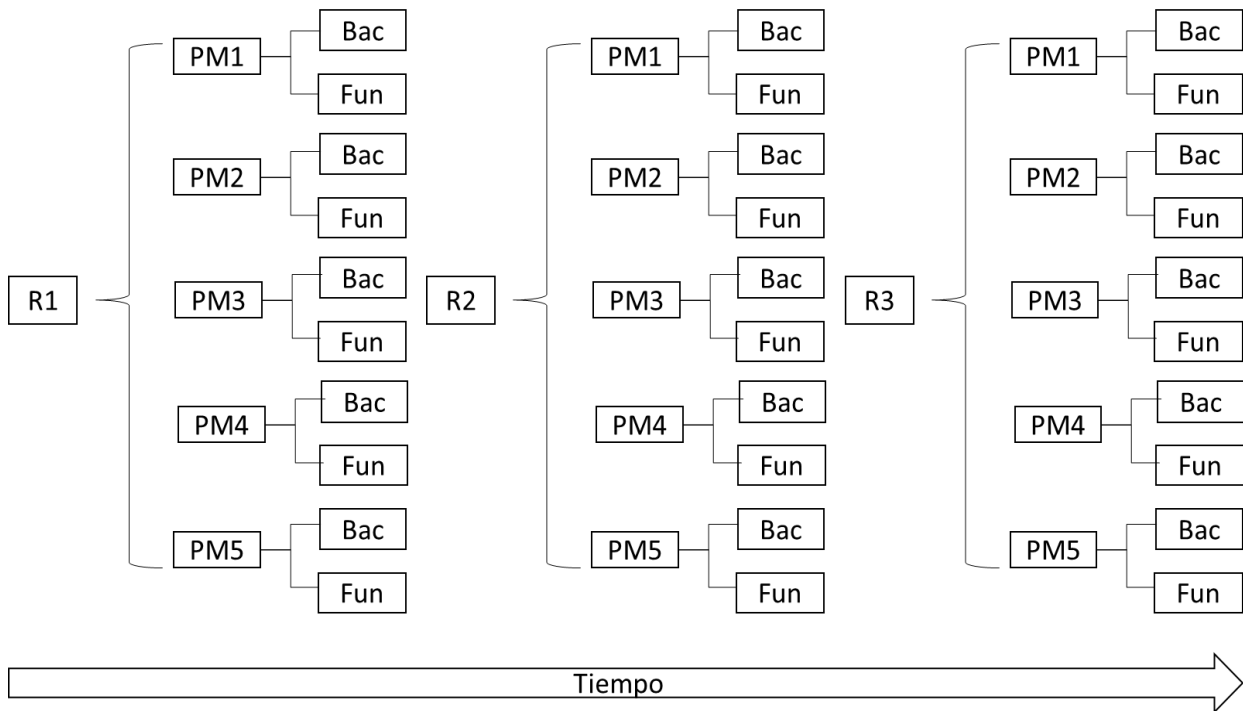
La presente investigación es del tipo descriptiva, puesto que se recolectó muestras del aire en diferentes puntos de la Ciudad de Aguaytía, para su posterior cuantificación e identificación de bacterias y fungi presentes como indicadores de la Calidad Microbiológica del aire.

#### **3.3.1. Variables de estudio**

- Variable independiente: Tipo y concentración de bacterias y fungi patógenos
- Variable dependiente : Calidad Ambiental del aire.

#### **3.3.2. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es no experimental, puesto que no se pretende manipular las variables, y es del tipo transversal porque se determinará la concentración de bacterias y fungi a través de los meses, así como su aislamiento, y la identificación de microorganismos patógenos en el aire por cada punto de muestreo, como se puede observar en el siguiente diagrama (Figura 2).



[R1, R2, R3]: Repeticiones; [PM1, ..., PM5]: Puntos de muestreo; [Bac]: Bacterias; [Fun]: Fungi

**Figura 2.** Diseño de investigación

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Reconocimiento del área e identificación de los puntos de estudio

Para iniciar la investigación se determinó el área de estudio, ubicada en la zona urbana de Aguaytía, para ello se identificó diferentes puntos de estudio, ubicadas en espacios públicos abiertos (Plazas y parques) y representativas de la ciudad, las cuales son destinadas a la recreación, deporte, entre otros, por lo tanto, tienen en común la afluencia de personas y su estancia en dicho lugar, por ello se escogió dicho criterio dado que existe una mayor probabilidad de que la calidad microbiológica del aire pueda afectar a las personas y provocar enfermedades, los puntos de muestreo son:

- **Malecón Río Aguaytía (PM1):** Este punto de muestreo se encuentra ubicado en el “Malecón del Río Aguaytía”, donde se desarrollan actividades comerciales (comidas, ropas, etc.), deportivas, de recreación, entre otros.
- **Parque Nuevo Aguaytía (PM2):** Este punto de estudio se encuentra ubicado en el Parque “Nuevo Aguaytía” entre el Jr. Aguaytía y Jr. Sargento Lores, cerca de la

Institución Educativa “José María Arguedas”, donde se desarrollan actividades de recreación de niños, deportivas como fútbol y basquet.

- **Plaza Miguel Grau (PM3):** Este punto de estudio se encuentra ubicada en la “Plaza Miguel Grau de Aguaytía”, al frente de la Municipalidad Provincial de Padre Abad y el Mercado, en dicho lugar se realizan actividades de recreación y ceremonias de la municipalidad.
- **Plaza Mayor de Aguaytía (PM4):** Esta zona de estudio se encuentra ubicada en la “Plaza Mayor de Aguaytía”, y es el lugar donde las personas se reúnen a realizar diferentes actividades como deporte, dialogar, juegos de azar (bingo), entre otros.
- **Parque 23 de Marzo (PM5):** Esta zona de estudio se encuentra ubicada en el “Parque 23 de marzo” ubicada al margen derecho del Río negro, y aquí se encuentra un parque de diversiones para la recreación de niños.

### 3.4.2. Muestreo

Los muestreos se realizaron en Noviembre del 2021, Marzo y Julio del 2022, con intervalos de 4 meses respectivamente, considerando la época seca y lluviosa que se producen durante esos meses en Aguaytía. Se prepararon 05 matraces de 250 ml con caldo BHI para las muestras con bacterias, y para hongos 05 matraces de 250 ml con caldo BHI + antibiótico, el método utilizado para el muestreo fue el volumétrico (López, 2010).

#### A. Muestreo de bacterias y fungi

Las muestras fueron captadas con jeringas esterilizadas de 60 ml, y se realizaron 18 aspiraciones de aire frente a un mechero en cada punto de muestreo, hasta completar 1 000 ml o 1 000 cm<sup>3</sup>, todo ello se realizó a 1,5m del nivel del suelo. Después de cada aspiración se descargó la muestra de aire en los matraces respectivos.

Luego de realizado dicho procedimiento en cada punto de muestreo, los matraces se almacenaron en una caja hermética, en total se obtuvieron 05 matraces con BHI para bacterias, y 05 matraces con BHI + antibiótico, el cual permitió el desarrollo de los fungi sin la presencia de bacterias en las muestras.

## **B. Medición de parámetros físicos**

Se midieron temperatura (°C) y humedad relativa (%) en cada punto de muestreo con un termohigrómetro, el cual nos sirvió para determinar la correlación con la concentración de microorganismos.

## **C. Traslado de muestras**

Las muestras fueron transportadas en una caja hermética desde la ciudad de Aguaytía hasta el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, debido a la distancia y para preservar las muestras, se trasladó a bajas temperaturas para evitar una interferencia de este parámetro en las muestras recolectadas.

### **3.4.3. Determinación de la concentración de bacterias y fungi presentes en el aire**

Para la determinación de la concentración de los microorganismos presentes en el aire se utilizó como referencia los protocolos de práctica en Microbiología General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (López, 2010).

#### **- Incubación con BHI**

Los 05 matraces que solo contenían BHI (Bacterias) obtenidos de los diferentes puntos de muestreo fueron llevados a incubación a una temperatura de 37 °C durante 24 h. Mientras que los 05 matraces que contenían BHI + antibiótico (Ceftriaxona) obtenidos de los diferentes puntos de muestreo fueron llevados a incubación a una temperatura ambiente durante 3 a 5 días.

#### **- Dilución**

Para determinar la concentración de bacterias y fungi se utilizó los matraces previamente incubados, y se procedió a realizar diluciones a partir de la muestra original. Para bacterias se extrajo 0.1 µl con la micro pipeta de cada matraz con BHI, y se inoculó en las placas con agar Plate Count para realizar la enumeración de bacterias y se llevó a incubación por 24h a 37°C. Mientras que para los fungi se extrajo 0.1 µl con la micro pipeta de los matraces con BHI + ceftriaxona, y se inoculó sobre agar Sabouraud glucosa para el recuento de los fungi, y se llevó a incubación a temperatura ambiente por un periodo de 3 a 5 días.

Luego se usó el equipo contador de colonias, para realizar la enumeración y posteriormente se aplicó la siguiente fórmula y encontrar las Unidades formadoras de colonia por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de aire (Fórmula 1).

$$\text{UFC/m}^3 = \text{Número de colonias} \times \text{Inoculo} \times \text{Factor de dilución} \quad (1)$$

#### 3.4.4. Nivel de contaminación

Determinado la concentración de microorganismos en UFC/m<sup>3</sup> en la Zona Urbana de Aguaytía, se procedió a comparar los resultados con los niveles de contaminación establecidos por la OMS. La Tabla 10 muestra los niveles de contaminación atmosférica por concentración de bacterias en unidades formadoras de colonias por metro cúbico (UFC/ m<sup>3</sup>), que varían desde niveles muy bajos hasta niveles muy altos.

**Tabla 10.** Niveles de contaminación en concentración de Bacterias en el aire

Nivel de contaminación	Concentración de Bacterias (UFC/m <sup>3</sup> en el aire)
Muy Baja	<50
Baja	50 - 100
Intermedia	100 - 500
Alta	500 - 2000
Muy Alta	> 2000

Fuente: Organización Mundial de la Salud documento editado en 1993 por la comisión de las comunidades Europeas (Cost Project 613 Report n°12)

En la Tabla 11 se presenta los niveles de contaminación por concentración de hongos en el aire en UFC/ m<sup>3</sup>, desde muy baja hasta muy alta.

**Tabla 11.** Niveles de contaminación por concentración de hongos en el aire

Nivel de contaminación	Concentración de Hongos (UFC/m <sup>3</sup> en el aire)
Muy Baja	< 25
Baja	25 - 100
Intermedia	100 - 500
Alta	500 - 2000
Muy Alta	> 2000

Fuente: Organización Mundial de la Salud documento editado en 1993 por la comisión de las comunidades Europeas (Cost Project 613 Report n°12)

### 3.4.5. Correlación de temperatura y humedad relativa con la concentración de bacterias y fungi

Para determinar la correlación de las variables de Temperatura y Humedad relativa con la concentración de bacterias y fungi se utilizó el software estadístico SPSS, donde se ingresó todos los datos obtenidos y se analizó mediante la correlación de Pearson y Spearman dependiendo de los valores de normalidad. Si el  $p < 0,05$  se determina que existe significancia, y por lo tanto existe correlación y se procede a establecer el grado de correlación, valores superiores ( $p > 0,05$ ) indican que no existe significancia y por lo tanto no existe correlación.

**Tabla 12.** Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson y Spearman según escala

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

### 3.4.6. Aislamiento de bacterias y fungi presentes en el aire

Para el aislamiento de los microorganismos presentes en el aire se utilizó como referencia los protocolos de práctica en Microbiología General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (López, 2010).

#### 3.4.6.1. Bacterias

##### - Siembra en placa con medios enriquecidos

De los matraces con BHI previamente incubados a 37°C por 24 h, las muestras fueron sembradas en medios enriquecidos para su aislamiento, y con la ayuda de un asa

de siembra se extrajo el inóculo de cada punto de muestreo. La siembra se realizó por estrías en las placas que contenían los siguientes medios: Agar Manitol Salado, MacConkey, Cled fueron llevadas a incubación a 37°C por 24 h a 48 h, mientras que M77 fue incubada a temperatura ambiente. Luego se seleccionó que colonias se realizarían Coloración Gram y Diferenciación Bioquímica:

- **Diferenciación Bioquímica**

Para identificar las bacterias se realizó pruebas de diferenciación bioquímica, para ello se utilizó una colonia aislada mediante un asa de siembra de las placas con medios enriquecidos, para su posterior siembra en tubos con medios de cultivo diferenciales, los cuales fueron:

- A. Indol: Se inóculó el microorganismo en el caldo a través de un enjuague y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. Luego se añadió 3 gotas de reactivo de Kovac agitando suavemente, y se esperó 15 min. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:
- Positivo: Color rojo en el anillo de interfase del reactivo con el medio
  - Negativo: No hay cambio de color y el reactivo queda amarillo.
- B. SIM: Se inóculó el microorganismo en el caldo a través de un enjuague y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. Luego se añadió 3 gotas de reactivo de Kovac agitando suavemente, y se esperó 15 min. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:
- Indol
    - Positivo: Color rojo en el anillo de interfase del reactivo con el medio
    - Negativo: No hay cambio de color y el reactivo queda amarillo.
  - Motilidad
    - Positivo: El medio se vuelve gelatinoso.
    - Negativo: No se observa lo descrito anteriormente.
  - H<sub>2</sub>S
    - Positivo: Todo el fondo del tubo se observa negro o se produce un precipitado escaso (se observa un color negro, entre el fondo y el bisel).

- Negativo: No se observa ningún precipitado negro.

C. Agar Hierro Tres Azucres (TSI): A partir de una colonia pura y bien aislada, se tomó una asada utilizando un aza en punta. Luego se picó el medio hasta el fondo solamente una vez para luego estriar el "Bisel" y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:

- Utilización de carbohidratos: se presenta los siguientes casos;
  - Fermentación solo de glucosa: Bisel: alcalino(rojo), fondo: ácido (amarillo), que significa K/A.
  - Fermentación de la glucosa y otro azúcar: Bisel: ácido (amarillo), fondo: ácido (amarillo), A/A.
  - Ninguno de los carbohidratos es fermentado: Bisel: alcalino(rojo), fondo: alcalino(rojo), que significa K/K.
- Producción de gas (CO<sub>2</sub>):
  - Positivo: Burbujas dentro del medio, rompimiento del medio, y desplazamiento del medio hacia arriba.
  - Negativo: No se produce lo anteriormente descrito en el medio.
- Producción de H<sub>2</sub>S:
  - Positivo: Todo el fondo del tubo se observa negro o se produce un precipitado escaso (se observa un color negro, entre el fondo y el bisel).
  - Negativo: No se observa ningún precipitado negro.

D. Agar Lisina – Hierro (LIA): A partir de una colonia pura y bien aislada, se tomó una asada utilizando un aza en punta. Luego se picó el medio hasta el fondo solamente una vez para luego estriar el "Bisel" y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:

- Color amarillo indica acidez (A) por desaminación
- Color purpura o rojo indica alcalinidad (K) por descarboxilación.
- Posible presencia de H<sub>2</sub>S

- E. Citrato de Simmons (CS): Se inoculó el medio sólido de Simmons a partir de un cultivo puro o colonia aislada, se estrió únicamente el bisel, y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:
- Positivo: Crecimiento con viraje azul del indicador, porque los microorganismos utilizan al citrato como única fuente de carbono.
  - Negativo: No hay crecimiento ni cambio de color.
- F. Rojo de Metilo (RM): Se inoculó en el tubo de caldo con una colonia aislada a través de un enjuague y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. Se precedió a añadir 2 a 3 gotas de colorante Rojo de Metilo, y se dejó reposar durante 15 min. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:
- Positivo: El indicador permanece rojo.
  - Negativo: El indicador cambia a color amarillo.
- G. Voges-Proskauer (VP): Se inoculó en el tubo de caldo con una colonia aislada a través de un enjuague y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. Luego se añadió 2 a 3 gotas de KOH al 4%, y 2 a 3 gotas de del reactivo Alfa Naftol, y se esperó entre 10 a 20 min.
- Positivo: Color rojo o rosado en el medio.
  - Negativo: El medio no tiene color o es amarillo.
- H. Malonato: Se inoculó el microorganismo en el caldo a través de un enjuague y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:
- Positivo: Color azul intenso.
  - Negativo: Color verde.
- I. Ureasa: Se inoculó el medio de urea a partir de una colonia pura, el cual se estrió únicamente en el bisel, y se llevó a incubar a 37°C por 24 h. A continuación, se indica la interpretación de los resultados obtenidos:
- Positivo: Color rosado intenso en el bisel.
  - Negativo: No hay cambio de color (amarillo).

### - **Coloración Gram positiva y negativa**

Para realizar la Coloración Gram, se añadió una gota de suero fisiológico sobre un porta objeto, luego se añadió el inóculo de las placas sembradas con medios de cultivo y se realizó una mezcla y se extendió la muestra con el asa, para luego someter el portaobjeto a calor y fijar la muestra.

Una vez fijado la muestra, se añadió los siguientes colorantes:

- Añadir gotas de cristal violeta y dejar reposar durante 90 s, y luego lavar con agua.
- Añadir gotas de lugol, y dejar reposar durante 90 s, y luego lavar con agua.
- Añadir gotas de alcohol acetona, y dejar reposar durante 5 s, y luego lavar con agua.
- Añadir gotas de safranina y dejar reposar durante 30 s, y luego lavar con agua.

Una vez realizado la fijación de muestras mediante colorantes, se lleva observación en el microscopio con aumento de 100 x, y se identifica si son bacterias Gram positiva o negativa.

### **3.4.6.2. Fungi**

#### - **Siembra en placa**

De los 05 matraces con BHI + Ceftriaxona previamente incubados por 3 a 5 días a temperatura ambiente, se procedió a extraer el inóculo de las muestras para la siembra en placas con agar Sabouraud glucosa al 4% mediante estrías, y posteriormente llevar a incubación durante 3 a 5 días.

#### - **Microcultivo fungi**

Utilizando una placa petri que contiene un soporte de vidrio en forma de herradura, se colocó un portaobjetos y cubre objeto esterilizados para realizar el microcultivo fungi. Además, se usó una placa petri que contenía cubitos de agar Sabourad con glucosa al 4%, las cuales

estaban divididos en cubitos de 20x20x10mm. Cada cubito se colocó sobre el portaobjeto dentro de la placa del micro cultivo y se ubicó encima del soporte de vidrio.

Después, se procedió a seleccionar una colonia fungi, y utilizando un aza micológica, se tomó una muestra del cultivo para sembrarla en la parte superior del cubito de agar Sabourad glucosa que se colocó previamente. Con la ayuda de una pinza se colocó el cubre objeto encima del cubito con inóculo de la muestra, también se añadió en la placa algodón húmedo, al finalizar se llevó a incubación a temperatura ambiente durante un periodo de 3 a 5 días.

Al finalizar la incubación con la ayuda de una pinza se retiró el cubre objeto para luego colocar sobre un porta limpio que previamente se añadió 2 a 3 gotas de azul de AMMANN, y con papel absorbente se retiró el exceso de colorante, para sellar los lados laterales del cubre se usó Bálsamo de Canadá diluido o esmalte de uñas transparentes.

Las muestras obtenidas fueron examinadas en el microscopio y observadas con un lente ocular de 10x y un objetivo de 40x, obteniendo un aumento total de 400x.

#### **3.4.7. Identificación de bacterias y fungi patógenos presentes en el aire en los puntos de estudio**

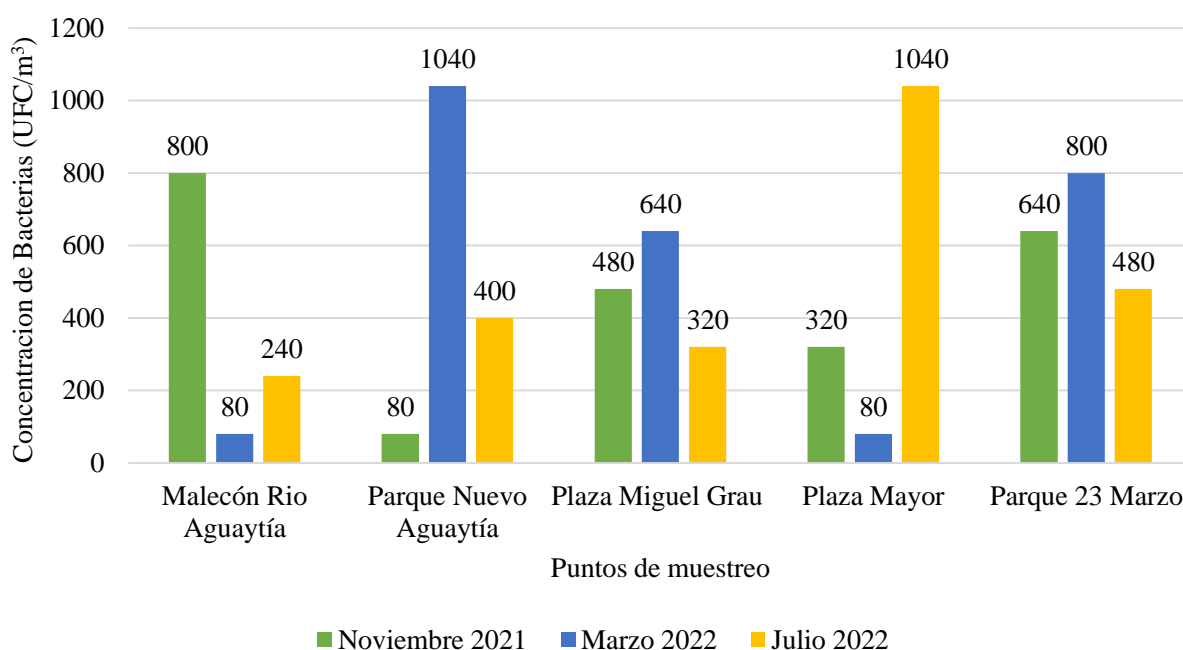
Luego de realizar el aislamiento e identificación de microorganismos presentes en el aire de la ciudad de Aguaytía mediante los métodos de coloración Gram y diferenciación bioquímica para bacterias, y microcultivo para los fungi, se identificó que especies son patógenas para el ser humano, en base a información de diferentes fuentes, ya sean del tipo primaria o secundaria.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Determinación de la Concentración de Bacterias y Fungi presentes en el aire

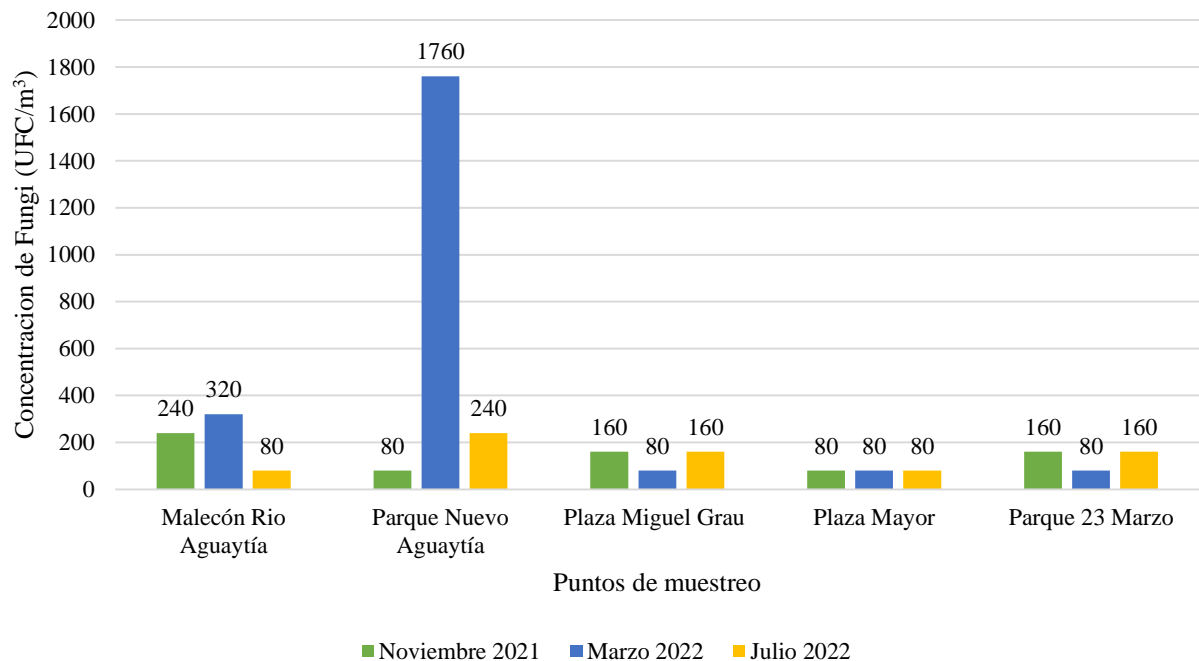
#### 4.1.1. Concentración de Bacterias y Fungi

En la Figura 3 se presenta la Concentración de bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) de los 05 puntos de muestreo del aire la zona urbana de Aguaytía durante el periodo 2021 – 2022. En Noviembre del 2021 se obtuvo que “Malecón Rio Aguaytía” presentó una mayor concentración con 800 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que “Parque Nuevo Aguaytía” presentó una menor concentración con 80 UFC/m<sup>3</sup>. En Marzo del 2022 se obtuvo que “Parque Nuevo Aguaytía” presentó una mayor concentración con 1 040 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que “Malecón Rio Aguaytía” y “Plaza Mayor” presentaron una menor concentración con 80 UFC/m<sup>3</sup>. En Julio del 2022 se obtuvo que “Plaza Mayor” presentó una mayor concentración con 1040 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que “Malecón Rio Aguaytía” presentó una menor concentración con 240 UFC/m<sup>3</sup>.



**Figura 3.** Concentración de Bacterias (UFC/ m<sup>3</sup>) por mes en los puntos de muestreo

En la Figura 4 se presenta la Concentración de los fungi (UFC/m<sup>3</sup>) de los 05 puntos de muestreo del aire la zona urbana de Aguaytía durante el periodo 2021 – 2022. En Noviembre del 2021 se obtuvo que “Malecón Rio Aguaytía” presentó una mayor concentración con 240 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que “Parque Nuevo Aguaytía” y “Plaza Mayor” presentaron una menor concentración con 80 UFC/m<sup>3</sup>. En Marzo del 2022 se obtuvo que “Parque Nuevo Aguaytía” presentó una mayor concentración con 1760 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que “Plaza Miguel Grau”, “Plaza Mayor” y “Parque 23 de Marzo” presentaron una menor concentración con 80 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente. En Julio del 2022 se obtuvo que “Parque Nuevo Aguaytía” presentó una mayor concentración con 240 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que “Malecón Rio Aguaytía” y “Plaza Mayor” presentaron una menor concentración con 80 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente.



**Figura 4.** Concentración de los Fungi (UFC/ m<sup>3</sup>) por mes en los puntos de muestreo

Jambo y Mendoza (2019) obtiene mayores concentraciones promedio de microorganismos durante época seca en Setiembre (2 408 UFC/m<sup>3</sup>) con respecto a época lluviosa en Marzo (1 463 UFC/m<sup>3</sup>). Méndez et al. (2015) reporta que los microorganismos mostraron un mejor desarrollo durante época seca (bacterias 3 530 UFC/m<sup>3</sup> y hongos 1 181 UFC/m<sup>3</sup>) posiblemente debido a que en época de lluvias (bacterias 2 213 UFC/m<sup>3</sup> y hongos 751 UFC/m<sup>3</sup>) se produce el lavado del aire, este proceso resulta que los microorganismos suspendidos en el aire se

depositen en el suelo, lo que lleva a una disminución significativa o incluso ausencia de ellos en el aire. Castro (2018) determina una mayor concentración de bacterias y fungi después de una precipitación pluvial, mientras que en temporada seca se obtuvo menores concentraciones, indicando que estos resultados podrían deberse al colapso de los drenajes, lo que provoca que se inunde las calles y se amontone materiales de todo tamaño, provocando la proliferación de microorganismos. Belén (2015) menciona que el número y tipo de spora varía en función del tiempo, día, humedad, la estación del año, ubicación geográfica y la presencia local de diferentes fuentes de esporas, así como los micro hábitats específicos de los hongos

En la Figura 3 y 4 se observa que Marzo (época de lluvias) presenta valores máximos según la concentración para bacterias ( $528 \text{ UFC/m}^3$ ) y fungi ( $464 \text{ UFC/m}^3$ ), mientras que Julio (época seca) obtuvo concentraciones para bacterias de  $496 \text{ UFC/m}^3$  y fungi  $144 \text{ UFC/m}^3$ , los valores obtenidos pueden deberse a lo descrito por Castro producto de las lluvias producidas en esta época, sumado a las condiciones meteorológicas que favorecieron el desarrollo de microorganismos.

Muñoz y Soberon (2021) obtienen elevadas concentraciones de bacterias durante el turno noche, seguido de la tarde y mañana, observando que la concentración aumenta a medida que el tránsito vehicular va aumentando en la ciudad. Mientras que Jambo y Mendoza (2019) en sus resultados obtiene mayores concentraciones durante la noche, seguido de la mañana y tarde. Herrera et al., (2015), determinó que la concentración de los fungi en el aire varía a lo largo del día, y observo que la mayor concentración de colonias, se encontró en las horas de la tarde. Los muestreos realizados para determinar las concentraciones de bacterias y fungi ( $\text{UFC/m}^3$ ) en Aguaytía durante los meses de Noviembre, Marzo y Julio (Figura 3 y 4) se realizaron durante la tarde, debido a que estas horas existe una mayor afluencia de personas en las plazas y parques de Aguaytía, dado que durante las mañanas estos lugares se encuentran vacíos, dichos resultados concuerdan con investigaciones realizadas anteriormente, lo que indica que la concentración puede variar por turno y dependerá de diversas variables, como factores meteorológicos, tránsito vehicular, actividades humanas, entre otros.

#### 4.1.2. Nivel de Contaminación del aire en la Zona Urbana de Aguaytía

En la Tabla 13 se muestra los Niveles de Contaminación en concentración de bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) promedio en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía, según la Organización Mundial de Salud (OMS). De los 05 puntos muestreados se observa que “Parque Nuevo Aguaytía” y “Parque 23 de Marzo” presentan un nivel de contaminación Alta, mientras que “Malecón Rio Aguaytía”, “Plaza Miguel Grau” y “Plaza Mayor” presentaron un nivel de contaminación Intermedia. En promedio la Zona Urbana de Aguaytía presenta un nivel de contaminación Intermedia con 496,0 UFC/m<sup>3</sup>.

**Tabla 13.** Niveles de contaminación en concentración de Bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía

N	Punto de muestreo	Promedio (UFC/m <sup>3</sup> )	Nivel de Contaminación
PM1	Malecón Rio Aguaytía	373,3	Intermedia
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	506,7	Alta
PM3	Plaza Miguel Grau	480,0	Intermedia
PM4	Plaza Mayor	480,0	Intermedia
PM5	Parque 23 Marzo	640,0	Alta
	Promedio	496,0	Intermedia

En la Tabla 14 se muestra los Niveles de Contaminación en concentración de fungi (UFC/m<sup>3</sup>) promedio en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía, según la Organización Mundial de Salud (OMS). De los 05 puntos muestreados se observa que “Parque Nuevo Aguaytía” presenta un nivel de contaminación Alta, mientras que “Plaza Mayor” presento un nivel de contaminación Baja. En promedio la Zona Urbana de Aguaytía presenta un nivel de contaminación Intermedia con 250,7 UFC/m<sup>3</sup>.

**Tabla 14.** Niveles de contaminación en concentración de Fungi (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía

N °	Punto de muestreo	Promedio	Nivel de Contaminación
PM1	Malecón Rio Aguaytía	213,3	Intermedia
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	693,3	Alta
PM3	Plaza Miguel Grau	133,3	Intermedia
PM4	Plaza Mayor	80,0	Baja
PM5	Parque 23 Marzo	133,3	Intermedia
	Promedio	250,7	Intermedia

Muñoz y Soberon (2021) determina que la Vía Evitamiento de Cajamarca presenta un Nivel de Contaminación Intermedia la Concentración para bacterias (337 UFC/m<sup>3</sup>) y un Nivel de contaminación Baja para hongos (75 UFC/m<sup>3</sup>). En otra investigación realizada por Vílchez (2018) en las líneas de transporte público urbano en Ayacucho determino un nivel de contaminación de intermedio a alto según su concentración fúngica con valores de 600 UFC/m<sup>3</sup> a 1496 UFC/m<sup>3</sup>. Lectong et al. (2014) obtiene concentraciones para Bacterias de 368,3 UFC/m<sup>3</sup> y de Fungi 40,2 UFC/m<sup>3</sup> en el aire urbano de Calceta, y al comparar con los valores establecidos por Eagle Industrial Hygiene Associate determina que el ambiente no se encuentra contaminado puesto que los valores deben de superar 1 000 UFC/m<sup>3</sup>. Vivas et al. (2019) obtiene una concentración promedio para bacterias de 279,16 UFC/m<sup>3</sup> en el aire urbano de Calceta, y compara sus resultados con Anaya et al (2015), donde establece que el valor más aceptado como peligroso para el hombre es superior a 500 UFC/m<sup>3</sup>, tanto para hongos como para Bacterias. En la Tabla 13 y 14 se observa que la concentración promedio para bacterias fue de 496,0 UFC/m<sup>3</sup> y fungi con 250,7 UFC/m<sup>3</sup> dichos resultados son similares a otras investigaciones descritas anteriormente, según su concentración y nivel, algunos autores consideran diferentes valores máximos para establecer un ambiente como contaminado por microorganismos.

Méndez et al. (2015) identifica que lugares con altos índices de contaminación ambiental por empresas industriales, automotoras, de bebidas, estaciones de gasolina, recolectoras

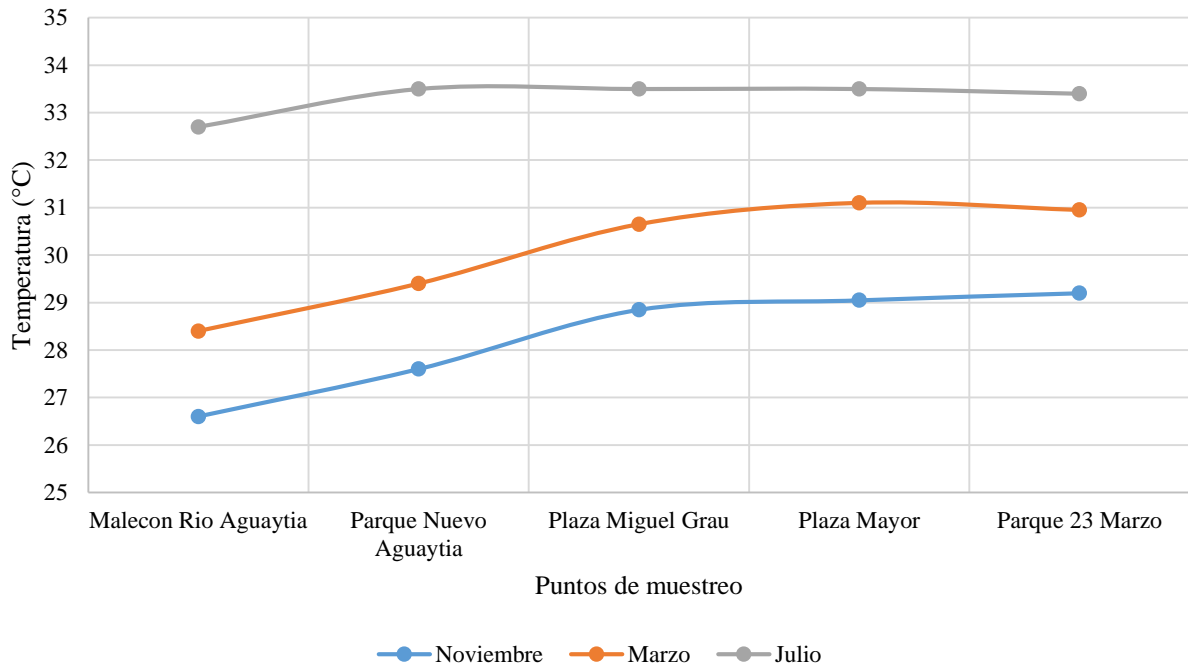
de residuos sólidos, lugares con gran afluencia de personas, presenta mayores cargas microbiana que lugares como el centro de la ciudad que presenta afluencia de personas, comercialización, edificaciones y zonas naturales con intervención humana, debiéndose a factores biológicos, sociales, climáticos y geográficos. Rosas (2004) menciona que la mayoría de las bacterias presentes en la atmosfera provienen de fuentes naturales como la vegetación, el suelo y los cuerpos de agua, y en menor medida de las actividades antropogénicas; su supervivencia y distribución están influenciadas por factores biológicos y meteorológicos, además, las zonas urbanas, calles transitadas y parques liberan hasta 7 200, 13 000 y 2 500 UFC/m<sup>3</sup> respectivamente en concentración de bacterias a la atmosfera. De lo descrito anteriormente se podría indicar que las concentraciones para bacterias y fungi pueden superar hasta los 2000 UFC /m<sup>3</sup> en las zonas urbanas, los cuales están influenciadas por las actividades antropogénicas, factores meteorológicos, entre otros. El nivel de contaminación según la concentración de bacterias y fungi, no cuenta con una norma nacional para establece estándares de calidad ambiental.

Calderón (2018) indica que lugares donde existe canales pluviales presentan un mayor grado de contaminación microbiológica, dado que la presencia de residuos sólidos y acumulación de agua contribuye al desarrollo de microorganismos, además determina un grado de contaminación para bacterias desde muy baja hasta alta (<50 hasta 2000 UFC/m<sup>3</sup>), mientras que para hongos presento niveles muy bajos hasta intermedios (<25 hasta 500 UFC/m<sup>3</sup>), siendo los valores más bajos en lugares donde no existe drenajes pluviales. Cruz y Jiménez (2006) en el aire de la localidad de Puente Aranda, determina que en los puntos de muestreo donde existe un mayor flujo vehicular, y gran densidad poblacional existe una mayor concentración (UFC/m<sup>3</sup>) de microorganismos. Minchola (2021) determina una calidad desde aceptable (aguas ligeramente contaminadas) hasta critica (aguas muy contaminadas) en el tramo del Rio negro de Aguaytía, debiéndose a la descarga de aguas residuales domésticas y residuos sólidos. En la Tabla 13 y 14 se observa que Parque 23 de Marzo y Parque Nuevo Aguaytía presentaron las mayores concentraciones para bacterias, así mismo Parque Nuevo Aguaytía y Malecón Rio Aguaytía para los fungi, dichos valores se deben a la acumulación de agua en dichos parques después de las lluvias, tránsito de personas por ser lugares concurridos, flujo vehicular que provoca la suspensión de microorganismos provenientes del suelo, y fuentes cercanas de contaminación como descargas de aguas residuales domésticas y residuos sólidos, puesto que los puntos de muestreo se encontraron próximos al Rio negro y Aguaytía.

## 4.2. Determinación de la correlación de la temperatura y humedad relativa con la concentración de Bacterias y Fungi

### 4.2.1. Correlación con la Temperatura

En la Figura 5 se observa la Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) obtenida de todos los puntos de muestreo, siendo  $28,6^{\circ}\text{C}$  la temperatura promedio de Noviembre,  $30,1^{\circ}\text{C}$  la de Marzo y  $33,2^{\circ}\text{C}$  la de Julio. Se observa que durante el periodo de análisis “Parque 23 de Marzo” y “Plaza Mayor” presentan las mayores temperaturas promedio con  $31,2^{\circ}\text{C}$ , mientras que “Malecón Río Aguaytía” presento la menor temperaturas con  $29,2^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 5.** Temperatura ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ) por punto de muestreo durante los meses de muestreo

La Tabla 15 presenta la correlación de la Concentración de microorganismos ( $\text{UFC}/\text{m}^3$ ) presentes en el aire con la Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ). La significancia con bacterias (0,952) y fungi (0,518) presentaron valores mayores a 0,05 lo que se interpreta que no existe Correlación entre las variables analizadas.

**Tabla 15.** Correlación de Concentración Bacterias y Fungi (UFC/m<sup>3</sup>) con Temperatura (°C)

<b>Variab</b> les	<b>Estadísticos</b>	<b>Temperatura</b> (°C)
Bacterias (UFC/m <sup>3</sup> )	Correlación de Pearson (r )	0,017
	Sig. (bilateral)	0,952
	N	15
Fungi (UFC/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de correlación (rho)	-0,181
	Sig. (bilateral)	0,518
	N	15

Muñoz y Soberon (2021) al correlacionar la concentración de microorganismos de los diferentes puntos de muestreo obtiene valores de significancia con Temperatura de 0,576 que oscilan entre 16,6 a 18,5 °C en la ciudad de Cajamarca. Méndez (2015) comparo las épocas de muestreo con el tipo de microorganismo, indicando para las bacterias existe un nivel de significancia de 0,085 en la ciudad de Neiva que tiene un clima tropical con temperaturas que varían de 30,0 a 31,2°C. Ramos y Meza (2017) desarrollo su investigación en Lima que presenta un clima del tipo desértico subtropical con temperaturas que oscilan entre 12°C a 28°C determino que existe correlación significativa con concentración de esporas de hongos y Temperatura ( $p < 0,05$ ). Castillo (2019) establece que existe una relación directa entre las bacterias y fungi con la Temperatura presentes en Huaraz, observando que al elevarse la temperatura hasta 20°C las concentraciones aumentan, mientras que al descender hasta 8°C descende la concentración.

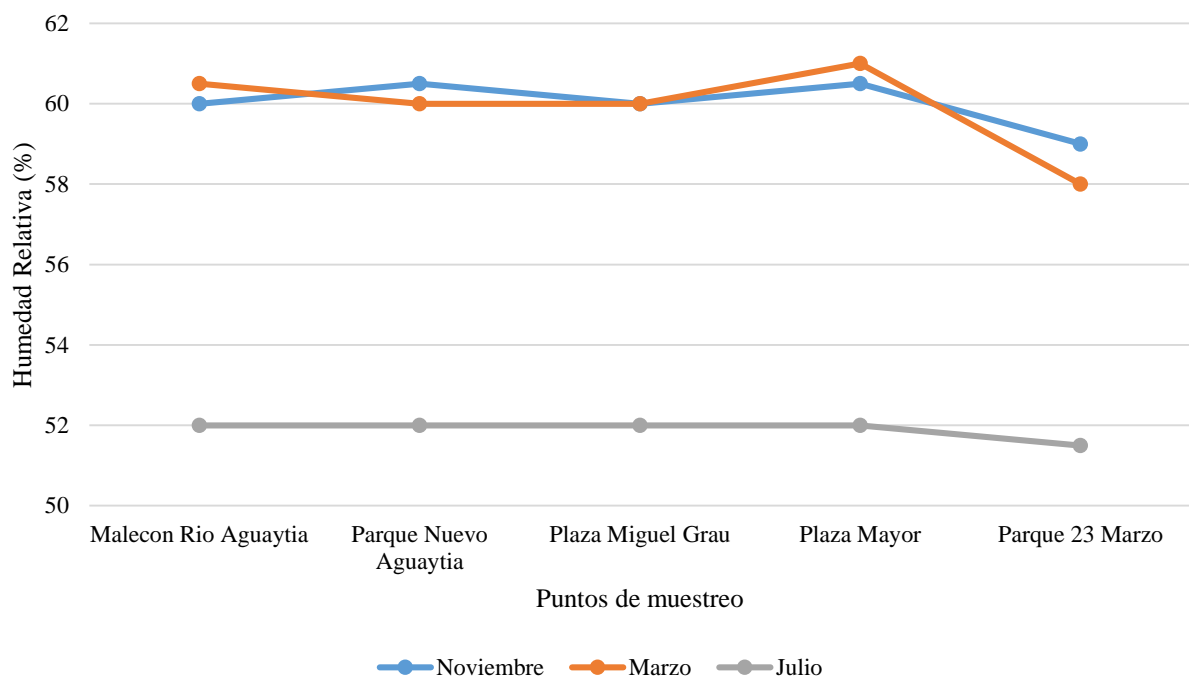
En la Tabla 15 se observa que no existe correlación significativa entre la Temperatura con la concentración de bacterias (0,952) y fungis (0,518) donde dicho parámetro varia de 28,6°C hasta 33,2°C en Aguaytía, resultados muy similares a investigaciones realizadas en climas tropicales y donde la temperatura no presenta variaciones significativas, mientras que ciudades como Lima y Huaraz con un diferente clima, dicha variación es muy pronunciada permite un mayor análisis de las variables analizadas para la correlación.

De lo descrito anteriormente Atlas y Bartha (2002) indica que, aunque los microorganismos pueden tolerar bajas temperaturas, su velocidad de crecimiento y actividad metabólica se ven disminuidas por debajo de su temperatura optima de crecimiento. En invierno el crecimiento y la actividad metabólica de numerosos microorganismos presentes en el suelo y hábitats acuáticos se ven reducidos con el descenso de la temperatura. La temperatura además de

afectar a la supervivencia y al crecimiento, también afecta la actividad metabólica de los microorganismos, en general las temperaturas altas que no llegar a ser letales para los microorganismos, promueven una mayor actividad metabólica. Aunque no existió correlación significativa entre la temperatura y los microorganismos en la presente investigación, la temperatura es un factor muy importante para el desarrollo de bacterias y fungi.

#### 4.2.2. Correlación con la Humedad relativa

En la Figura 6 se observa la Humedad Relativa (%) obtenida de todos los puntos de muestreo, siendo 60,0 % la Humedad promedio de Noviembre, 59,9% la de Marzo y 51,9% la de Julio. Se observa que durante el periodo de análisis “Plaza Mayor” presentan la mayor Humedad Relativa promedio con 57,8%, mientras que “Plaza Miguel Grau” presento la menor Humedad relativa con 57,3 %.



**Figura 6.** Humedad Relativa (°%) por punto de muestreo durante los meses de muestreo

En la Tabla 16 se presenta la correlación de la concentración de microorganismos (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire con la Humedad relativa (%). La significancia con bacterias (0,223) y fungi (0,788) presentaron valores mayores a 0,05 lo que se interpreta que no existe Correlación entre las variables analizadas.

**Tabla 16.** Correlación de Concentración Bacterias y Fungi (UFC/m<sup>3</sup>) con Humedad relativa (%)

<b>Variabes</b>	<b>Estadísticos</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>
Bacterias (UFC/m <sup>3</sup> )	Correlación de Pearson (r )	-0,335
	Sig. (bilateral)	0,223
	N	15
Fungi (UFC/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de correlación (rho)	-0,076
	Sig. (bilateral)	0,788
	N	15

Méndez (2015) comparo las épocas de muestreo con el tipo de microorganismo, indicando para los Fungi valores de 0,265 en la ciudad de Neiva que tiene un clima tropical con una humedad promedio de 54,8 a 66,5%. Muñoz y Soberon (2021) al correlacionar la concentración de microorganismos de los diferentes puntos de muestreo obtiene valores de significancia con Humedad de 0,564 que oscilan entre 32,1 a 42,2% en la ciudad de Cajamarca. Ramos y Meza (2017) determino que existe correlación significativa entre Concentración de esporas de hongos y Humedad relativa ( $p < 0,05$ ) con valores de 80 a 100% en la ciudad de Lima. Castillo (2019) establece que existe una relación inversa entre las bacterias y fungi con la Humedad relativa presentes en Huaraz, donde al disminuir la Humedad hasta 35% la concentración de microorganismos aumenta, mientras que al aumentar hasta 70% desciende la concentración.

En la Tabla 16 se observa que no existe correlación significativa entre la Humedad relativa con la Concentración de bacterias (0,223) y fungi (0,788) donde dicho parámetro varia de 51,9 a 60% en Aguaytía, resultados muy similares a investigaciones realizadas en climas tropicales y donde la humedad relativa no presenta variaciones significativas, mientras que, en Lima y Huaraz con un clima diferente, donde dicha variación es muy pronunciada permite un mayor análisis de las variables analizadas para la correlación.

De la Rosa et al. (2002) menciona que cuando la humedad relativa disminuye, se reduce la disponibilidad del agua para los microorganismos, provocando la deshidratación y en consecuencia la inactivación de muchos de ellos. La desecación, especialmente durante el día, puede ocasionar una disminución en la viabilidad de los microorganismos presentes en las capas más bajas de la atmósfera. En mayores altitudes, las condiciones se vuelven más propicias debido a la evaporación, lo que permite que algunas esporas pueden germinar en las nubes. El límite

mínimo para el desarrollo de hongos es del 65 % de humedad, mientras que las bacterias requieren niveles aún más altos para su crecimiento. Las Gram negativas son menos resistentes a la desecación que las positivas; esto se refleja en que hay poca evidencia de transmisión por el aire de bacterias Gram negativas. Aunque no existió correlación significativa entre la humedad relativa y los microorganismos en la presente investigación, dicho parámetro es un factor muy importante para el desarrollo de bacterias y fungi.

### 4.3. Aislamiento e identificación de Microorganismos presentes en el aire

#### 4.3.1. Identificación de Bacterias

La Tabla 17 muestra las bacterias identificadas en el aire de la zona urbana de Aguaytía, durante los meses de Noviembre del 2021, Marzo y Julio del 2022, de los 05 puntos de muestreo se observa que el punto de muestreo “Parque 23 de Marzo” presenta mayor diversidad bacteriana con 06 géneros, mientras que “Plaza Mayor” presento una diversidad menor con 03 géneros.

**Tabla 17.** Bacterias identificadas en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía.

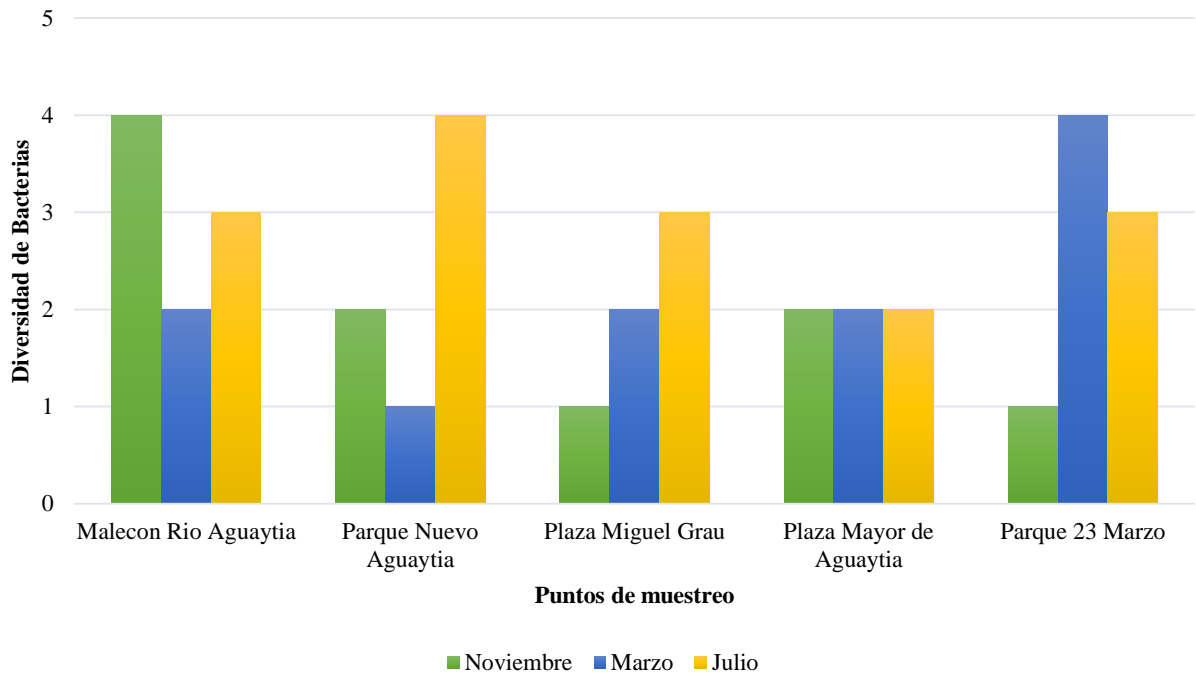
N°	Punto de muestreo	Bacterias	Total
PM1	Malecón Rio Aguaytía	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i>	5
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Streptobacillus</i> sp.	4
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Enterobacter hafniae</i>	4
PM4	Plaza Mayor	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Serratia liquefaciens</i>	3
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Serratia marcescens</i> , <i>Serratia rubidae</i> , <i>Lactobacillus</i> sp.,	6

Méndez et al. (2015) identificó que los bacilos Gram positivos tienen una frecuencia más alta en comparación con otros microorganismos aislados durante las épocas de sequía (Junio) y época de lluvias (Noviembre). Se ha observado que las bacterias Gram positivas se encuentran en la piel y en las mucosas de los organismos, y su dispersión puede ser causada por actividades comunes de las personas y por partículas de polvo suspendidas en el suelo, en comparación con las bacterias Gram negativas, las Gram positivas son más resistentes debido a que su pared celular es más gruesa.

En la Tabla 17 se observa que las bacterias Gram positivas como *Bacillus sp.* y *Staphylococcus sp.*, se presentaron en todos los puntos de muestreo durante la época lluviosa (Noviembre y Marzo) y seca (Julio), mientras que las bacterias Gram negativas, no tuvieron incidencia en todos los puntos de muestreo, todo ello se muestra a detalle en las Tablas 30, 31 y 32 del Anexo A.

Olivera (2020) en su estudio realizado durante época lluviosa obtuvo una diversidad de bacterias promedio en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero de 03, 04, 04 géneros respectivamente. Mientras que Ramos (2019) obtuvo que, durante época seca en las áreas verdes de Tingo María, una diversidad de bacterias promedio en los meses de Abril, Mayo y Junio de 06, 04, 08 géneros respectivamente. De igual manera Advincula (2021) obtuvo valores similares para época seca en el Distrito de Castillo Grande durante los meses de Junio, Julio y Agosto obteniendo 06 géneros en promedio.

En la Figura 7 se observa la diversidad total de bacterias identificadas en el aire de la zona urbana de Aguaytía, siendo el mes de Julio (época seca) la que presenta una mayor diversidad promedio de bacterias con 03 géneros, mientras los meses de Noviembre y Marzo (época lluviosa) presentan una menor diversidad con 02 géneros, lo que corrobora con los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas anteriormente, evidenciando que durante la época seca se presenta una mayor diversidad de bacterias.



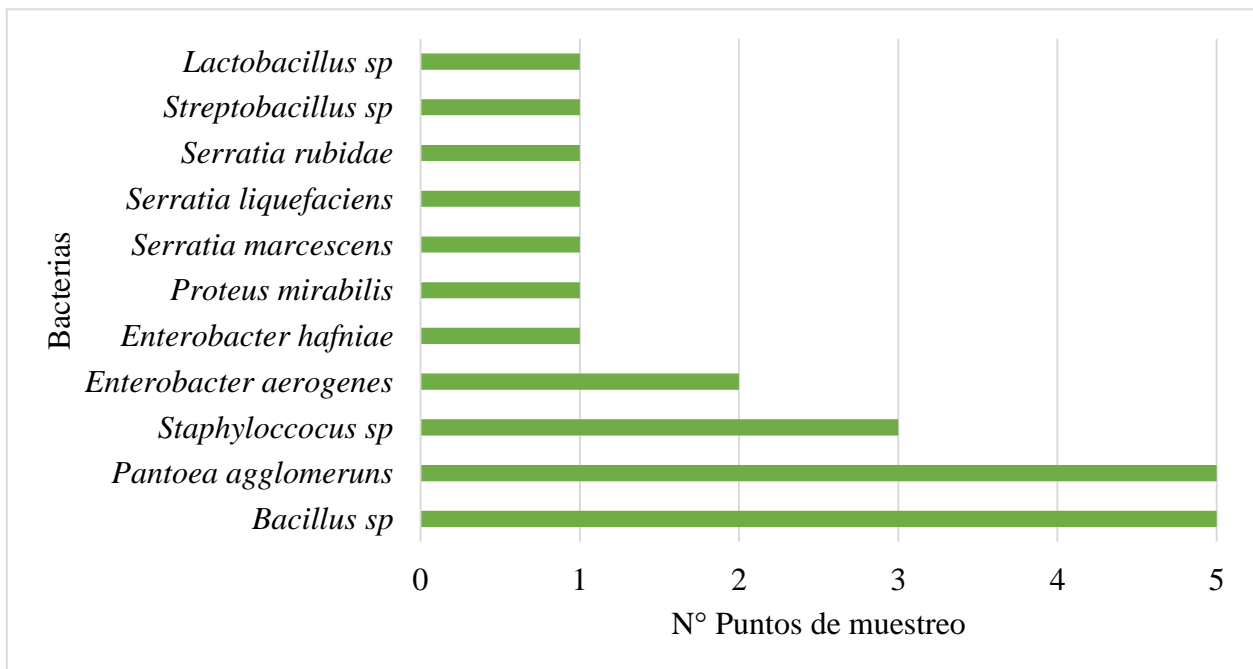
**Figura 7.** Diversidad total de bacterias en los puntos de muestreo

Advincula (2021) en su investigación realizada en el Distrito de Castillo Grande identifico a *Pantoea agglomerans* y *Bacillus sp* como las bacterias de mayor predominancia con respecto a los puntos de muestreo, mientras *Proteus mirabilis* y *Enterobacter aerogenes* fueron las de menor predominancia. Mientras que Ramos (2019) identifico en las áreas verdes de Tingo María, a *Staphylococcus sp*, *Pantoea agglomerans* y *Bacillus sp* como las bacterias más frecuentes de dicha zona, corroborando lo identificado en otro estudio realizado por Olivera (2020). En la Figura 8 se presenta la predominancia de las bacterias presentes en el aire de la zona urbana de Aguaytía, siendo *Pantoea agglomerans* y *Bacillus sp*. las de mayor predominancia identificándose en los 05 puntos de muestreo, mientras que *Streptobacillus sp*, *Serratia rubidae*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia marcescens*, *Proteus mirabilis*, *Lactobacillus sp*. y *Enterobacter haffniae* presentaron una menor predominancia identificándolas en 01 punto de muestreo, dichos resultados concuerdan con investigaciones realizadas anteriormente, lo que indicaría que son Bacterias frecuentes en el aire de la Zona.

*Bacillus sp* presenta una capacidad para la esporulación, lo que sugiere una mayor probabilidad de sobrevivir en condiciones adversas, es decir, las esporas representan las formas de vida más resistentes y poseen diversas características que contribuyen a su habilidad

para subsistir en la atmósfera, esto se debe a su metabolismo reducido, lo que les permite prescindir de nutrientes externos y agua durante prolongados periodos de tiempo. Algunas esporas son extremadamente ligeras y pueden contener vacuolas de gas, mientras que otras tienen formas aerodinámicas que les permiten desplazarse a través de la atmósfera (Izzedin et al., 2011). En la presente investigación *Bacillus sp*, fue una de las bacterias más predominantes, explicando su incidencia en todos los puntos de muestreo (Figura 8).

*Pantoea agglomerans*, es una de las bacterias que presentó mayor frecuencia en los puntos de muestreo (Figura 8), su hábitat habitual son las plantas, frutas, vegetales, agua, y las heces de los animales y humanos (Martin, 2020), la existencia de esta bacteria puede estar relacionada con la crianza de animales domésticos y la presencia de animales sin hogar en la zona (Anderson et al., 1999 citado por Advincula, 2021). Los puntos de muestreo fueron Parques y Plazas de la Zona Urbana de Aguaytía, por lo que están ubicadas al aire libre y tienen contacto directo con animales de la calle, que pudieron haber realizado sus heces en dichos lugares.



**Figura 8.** Predominancia de las bacterias identificadas en los puntos de muestreo

#### 4.3.2. Identificación de Fungi

La Tabla 18 presenta los fungi presentes en el aire de la zona urbana de Aguaytía, durante los meses de Noviembre del 2021, Marzo y Julio del 2022, de los 05 puntos de

muestreo se observa que el punto de muestreo “Malecón Río de Aguaytía” presenta mayor diversidad fúngica con 05 géneros, mientras que “Parque Nuevo Aguaytía” presentó una diversidad menor con 02 géneros.

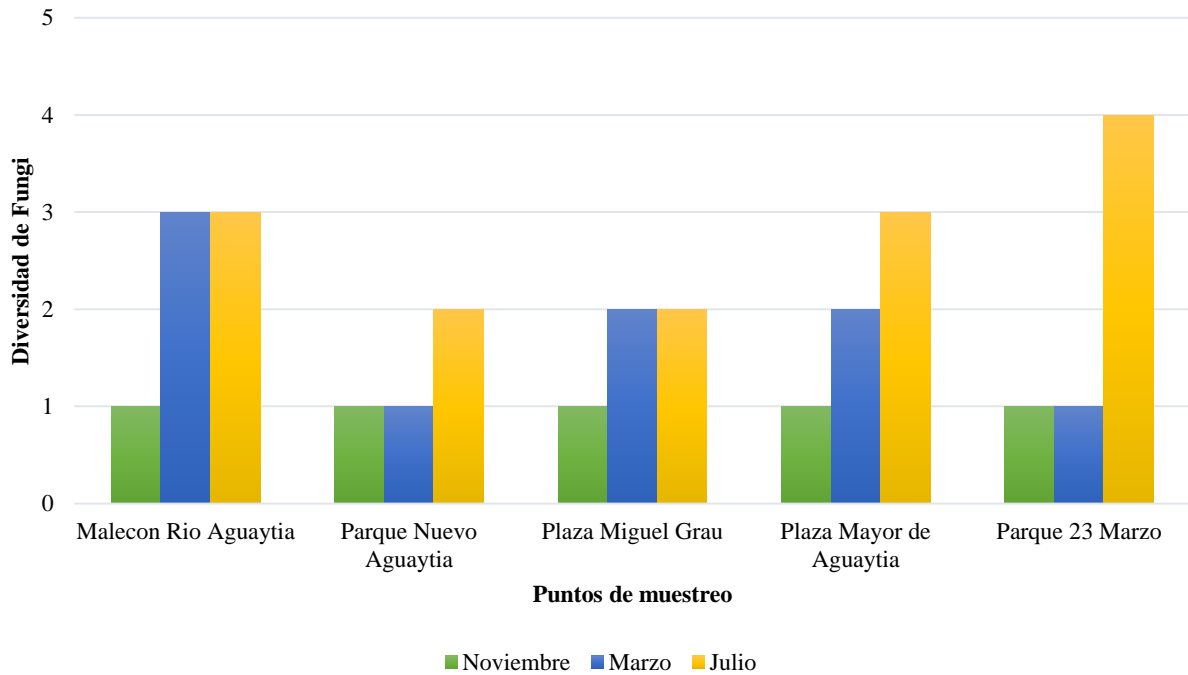
**Tabla 18.** Fungi identificados en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía

N	Punto de muestreo	Fungi	Total
PM1	Malecón Río Aguaytía	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Blastomyces sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	5
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Geotrichum sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i>	2
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i>	3
PM4	Plaza Mayor	<i>Blastomyces sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i>	4
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Oidium sp.</i>	4

En una investigación realizada por Méndez et al. (2015) durante periodos de sequía (Junio) y lluvia (Noviembre), identifica que *Aspergillus sp.* presenta una mayor frecuencia de aparición en comparación con otros microorganismos aislados, esto se debe a que las esporas de estos microorganismos son ligeras, lo que facilita su transporte a través del aire. En la Tabla 18, se observa que *Aspergillus sp.* se presentó en casi todas las áreas evaluadas y durante los meses de Noviembre y Marzo (épocas de lluvia) y Julio (época seca), lo que explicaría su incidencia en todos los muestreos, todo ello se muestra a detalle en las Tablas 33, 34 y 35 del Anexo A.

Olivera (2020) en su estudio realizado durante la época lluviosa obtuvo una diversidad de hongos promedio en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero de 02, 01, 02 géneros respectivamente. Mientras que Ramos (2019) obtuvo durante la época seca en las áreas verdes de Tingo María, una diversidad de hongos promedio en los meses de Abril, Mayo y Junio de 04, 03, 05 géneros respectivamente. De igual manera Advincula (2021) obtuvo valores similares para época seca en el Distrito de Castillo Grande durante los meses de Junio, Julio y Agosto obteniendo 03 géneros en promedio. En la Figura 9 se observa la diversidad total de los hongos identificados en el aire de la zona urbana de Aguaytía, siendo el mes de Julio (época seca) la que

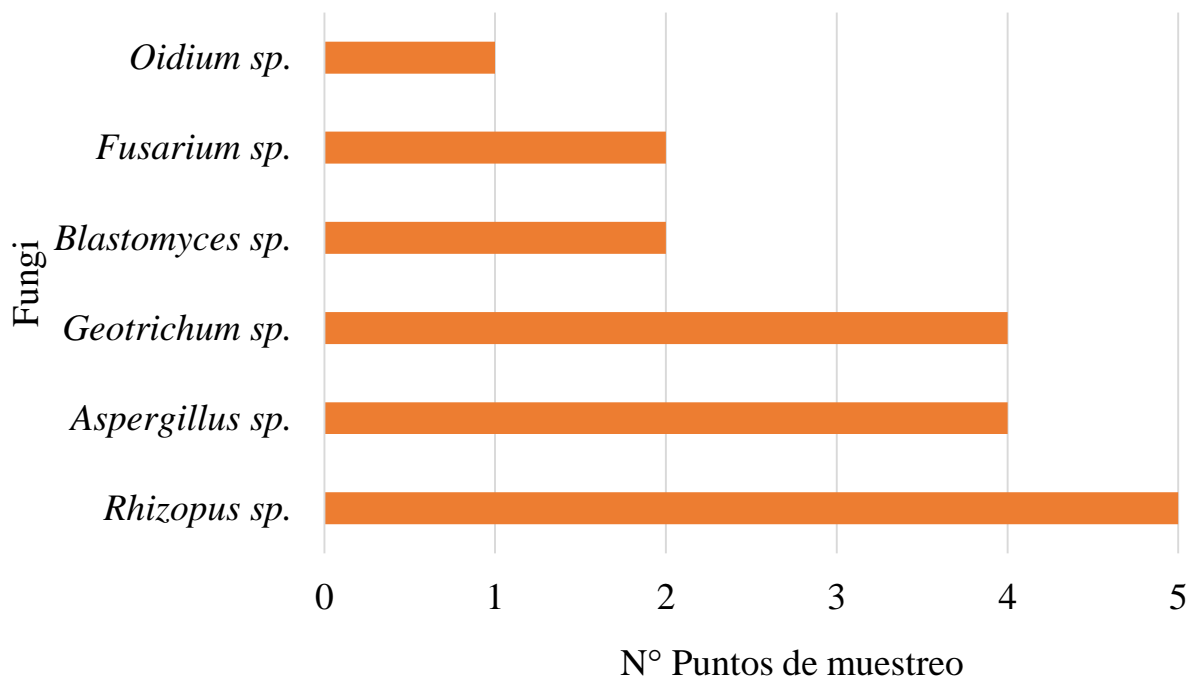
presenta una mayor diversidad promedio con 03 géneros, mientras los meses de Noviembre y Marzo (época lluviosa) presentan una menor diversidad con 02 y 01 género respectivamente, lo que corrobora con los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas anteriormente, evidenciando que durante la época seca se presenta una mayor diversidad de hongos.



**Figura 9.** Diversidad Total de los Fungi en los diferentes puntos de muestreo

Advincula (2021) en su investigación en el Distrito de Castillo Grande identifico a *Geotrichum sp.* como el fungi de mayor predominancia con respecto a los puntos de muestreo, mientras que *Blastomyces sp.* fue de las menos frecuentes. Mientras que Ramos (2019) identifico en las áreas verdes de Tingo María, a *Rhizopus sp.* y *Aspergillus sp.* como los hongos más frecuentes de dicha zona. Mientras que Olivera (2020) identifico a *Aspergillus sp.* y *Geotrichum sp.* En la Figura 10 se presenta la predominancia de los hongos presentes en el aire de la zona urbana de Aguaytía, siendo *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.* y *Geotrichum sp.* las de mayor predominancia, mientras que *Oidium sp.* presento una menor predominancia identificándose en 01 punto de muestreo, dichos resultados concuerdan con investigaciones realizadas anteriormente, lo que indicaría que son hongos frecuentes en el aire de la zona.

Los hongos del genero *Rhizopus* son anemófilos, lo que implica que sus esporas tienen la capacidad de mantenerse suspendidas en el aire, no obstante, pueden encontrarse depositadas en el suelo, a pesar de su presencia en dichos lugares, estas esporas no son visibles a simple vista. La vía más frecuente de infección es a través de la vía respiratoria (Castañón, 2021). *Rhizopus sp* fue el fungi que presentó mayor predominancia con respecto a los puntos de muestreo (Figura 10), lo que explicaría que dado sus características favorece que este sea encontrado comúnmente en el aire.



**Figura 10.** Predominancia de los Fungi identificados en los Puntos de muestreo

#### 4.3.3. Microorganismos patógenos en el aire

En la Tabla 19 se presenta las bacterias aisladas e identificadas en todos los puntos de muestreo presentes en el aire de la zona urbana de Aguaytía durante el periodo 2021 – 2022, mostrando su patogenia y las enfermedades e infecciones que pueden provocar en la salud humana, se observa que todas son patógenos oportunistas, es decir que se presentan en pacientes con sistemas inmunes debilitados.

**Tabla 19.** Bacterias patógenas identificadas en el aire de la Zona urbana de Aguaytía

<b>Bacterias identificadas</b>	<b>Patogenicidad</b>	<b>Enfermedades/ Infecciones</b>
<i>Bacillus sp.</i>	Patógeno	Neumonía, bacteriemia, meningitis, gastroenteritis en forma emética y forma diarreica, infección ocular, respiratorias, entre otros (Fernández, et al.,2018).
<i>Stafhylococcus sp.</i>	Patógeno	Infecciones nosocomiales como aquellas contraídas en la comunidad, produce infecciones leves como foliculitis, forúnculos, abscesos subcutáneos. A veces penetra pequeñas escoriaciones de la piel o mucosas provocando bacteriemias, artritis, osteomielitis, infecciones en heridas, entre otros (Lopardo, et al., 2016).
<i>Streptobacillus sp.</i>	Patógeno	Infecciones cutáneas, fiebre (Koneman, 1997).
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Patógeno oportunista	Neumonía, infecciones urinarias, infecciones de heridas y dispositivos (Jawetz, et al., 2010)
<i>Pantoea agglomerans</i>	Patógeno oportunista	Infección en tejidos blandos o huesos (articulaciones), después de un traumatismo penetrante por vegetación (Cruz, et al 2007), como artritis, sinovitis u osteítis; meningitis o septicemia neonatal, infecciones respiratorias, urinarias y peritonitis (Martin, 2020).
<i>Enterobacter hafniae</i>	Patógeno oportunista	Infecciones como bacteriemia, neumonía, septicemia, endoftalmitis, infecciones de articulaciones y heridas, respiratorias, síndrome hemolítico y meningitis (Ramos, 2020).
<i>Proteus mirabilis</i>	Patógeno oportunista	Infecciones urinarias, infecciones quirúrgicas neumonías, bacteriemias, septicemias e infecciones ópticas (Castro, et al., 2006).
<i>Serratia liquefaciens</i>	Patógeno oportunista	Infecciones en el tracto urinario y tracto respiratorio (Albuquerque, et al., 2004).
<i>Serratia marcescens</i>	Patógeno oportunista	Infecciones en el sistema nervioso central, del tracto urinario, neumonía y otras infecciones respiratorias, infecciones del torrente sanguíneo, incluyendo endocarditis e infecciones de heridas, además se le considera un importante patógeno ocular (Di Venanzio, 2014).
<i>Serratia rubidae</i>	Patógeno oportunista	Infecciones en el tracto respiratorio, urinario, de úlceras o heridas en pacientes inmunocomprometidos (Gentile, et al.,2014)
<i>Lactobacillus sp.</i>	No patógeno	No produce enfermedades

En la Tabla 20 se presenta los hongos aislados e identificados en todos los puntos de muestreo presentes en el aire de la zona urbana de Aguaytía durante el periodo 2021 – 2022, mostrando su patogenia y las enfermedades e infecciones que pueden provocar en la salud humana, se observa que existen patógenos, fitopatógenos y patógenos oportunistas, es decir que se presentan en pacientes con sistemas inmunes debilitados

**Tabla 20.** Fungi identificados en el aire de la Zona urbana de Aguaytía

<b>Fungi identificado</b>	<b>Patogenidad</b>	<b>Enfermedades/ Infecciones</b>
<i>Blastomyces sp.</i>	Patógeno	Genera blastomicosis, que afecta primariamente los pulmones, con formas clínicas diseminadas que afectan la piel, huesos, sistema nervioso central y otros órganos (Sánchez y Cabanillas, 2010).
<i>Aspergillus sp.</i>	Patógeno oportunista	Infecciones en el pulmón, en los senos paranasales y en muchos casos se asocian con bronco pulmonías alérgicas, aspergilosis, queratitis y sinusitis alérgica (Méndez, et al.,2015).
<i>Geotrichum sp.</i>	Patógeno oportunista	Produce geotricosis pulmonar, en pacientes con inmunocompromiso (Cornejo, et al., 2000).
<i>Rhizopus sp.</i>	Patógeno oportunista	Provoca mucormucosis rinocerebral, digestiva, cutánea o pulmonar (Quiroz, et al. 2017).
<i>Fusarium sp.</i>	Fitopatógeno	Infecciones superficiales (onicomicosis), localizadas (queratitis), o invasivas/diseminadas (fungemia) (Rodríguez, et al. 2022).
<i>Oidium sp.</i>	Fitopatógeno	No provoca enfermedades

Rodríguez et al. (2015) Menciona que las bacterias patógenas se distinguen por su capacidad de transmitirse, e infiltrarse las células y los tejidos del huésped, tener actividad toxígena y evadir el sistema inmune. La enfermedad infecciosa se produce cuando la interacción de los microorganismos causa daño tanto a nivel local como sistémico en el individuo afectado. Una vez que se establezcan en el lugar principal de la infección, las bacterias se multiplican y propagan ej el tejido, en ocasiones alcanzan el torrente sanguíneo o linfático, lo que les permite llegar a otros tejidos. Sánchez y Almaguer (2014) indica que algunos hongos pueden actuar como patógenos oportunistas en las personas, ya que inicialmente se comportan como saprófitos, sin embargo, en

condiciones en las que el huésped presenta una disminución en su capacidad defensiva, estos microorganismos pueden colonizar, infectar y causar enfermedades, mientras que los hongos que causan enfermedades (patógenos) poseen distintos mecanismos de virulencia que les permite unirse, ingresar y afectar las funciones celulares del organismo huésped, lo cual determina la capacidad y la gravedad de la infección. Maldonado et al. (2014) menciona que los microorganismos patógenos oportunistas aéreos pueden ser relativamente inofensivos para personas sanas, estas pueden causar efectos adversos en personas inmunocomprometidas. En la Tabla 19 y 20 se identificó a microorganismos oportunistas y patógenos, su presencia en la ambiente resulta de mucha preocupación para personas sanas y pacientes con sistemas inmunológicos débiles, dado sus mecanismos de infección.

## V. CONCLUSIONES

1. La Calidad Microbiológica del aire en la Zona Urbana de Aguaytía durante los meses de Noviembre del 2021, Marzo y Julio del 2022 presento un Nivel de Contaminación Intermedia para bacterias en promedio con 496 UFC/m<sup>3</sup>, los mayores niveles de contaminación se presentaron en los puntos de muestreo Parque Nuevo Aguaytía y Parque 23 de Marzo con un Nivel Alto. Mientras que para los fungi se obtuvo un Nivel de contaminación Intermedio en promedio con 251 UFC/m<sup>3</sup>, el mayor nivel de contaminación se presentó en Parque Nuevo Aguaytía con un Nivel Alto.
2. La concentración de bacterias en los puntos de estudio del aire de la Zona Urbana de Aguaytía presento mayores valores promedio en Marzo del 2022 con 528 UFC/m<sup>3</sup>, seguido de Julio del 2022 con 496 UFC/m<sup>3</sup>, y Noviembre del 2021 con 464 UFC/m<sup>3</sup>. Para los fungi presento mayores valores promedio en Marzo del 2022 con 464 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que Noviembre del 2021 y Julio del 2022 presento los mismos valores con 144 UFC/m<sup>3</sup>.
3. La concentración de Microorganismos (UFC/m<sup>3</sup>), Temperatura (°C) y Humedad relativa (%) no se correlaciono, durante el periodo analizado en la ciudad de Aguaytia.
4. Se identificó 08 géneros bacterianos, siendo los más predominantes *Pantoea agglomerans*, *Bacillus sp.* y *Staphylococcus sp.*, además de *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter hafniae*, *Lactobacillus sp.*, *Proteus mirabilis*, *Serratia marcescens*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia rubidae* y *Streptobacillus sp.* Para los fungi se identificó a 06 géneros siendo los más predominantes *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.*, y *Geotrichum sp.*, además de *Blastomyces sp.*, *Fusarium sp.* y *Oidium sp.* Los microorganismos que fueron aislados en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía, fueron identificados como oportunistas y patógenos

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Establecer seguimiento y control microbiológico por parte de los sectores involucrados para realizar una vigilancia Microbiología del aire durante las épocas secas y lluviosas en la Zona Urbana de Aguaytía.
2. Establecer nuevos puntos de muestreo en la Zona urbana y periferias de Aguaytía para una mejor identificación de microorganismos presentes en el aire.
3. Identificar las fuentes de contaminación ambiental en la Zona Urbana de Aguaytía, y su implicancia en el desarrollo de microorganismos.
4. Considerar en futuras investigaciones el tránsito vehicular, dirección y velocidad del viento, y su implicancia en la presencia de microorganismos en el aire.
5. Identificar las bacterias y fungi presentes en el aire a nivel de especie.
6. Ampliar las investigaciones sobre la calidad de microbiológica en ambientes de interiores como colegios, mercados, centros de salud, instituciones públicas y privadas en Aguaytía.
7. Desarrollar charlas informativas y capacitaciones sobre las enfermedades que ocasionan las bacterias y fungi presentes en el aire a cargo de los sectores involucrados.
8. Mantener las áreas públicas como parques y plazas libres de fuentes de contaminación ambiental que puedan afectar la Calidad microbiológica del aire en Aguaytía.
9. Desarrollar normativas nacionales para establecer estándares sobre calidad microbiológica del aire para exteriores.
10. Proponer y ejecutar mecanismos de planificación que permitan un desarrollo urbano organizado pensando en el medio ambiente y su calidad para proteger la salud de las personas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abarca, L. (2000). Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17(1),79-84.
- Advíncula, J. (2021). *Contaminación microbiológica del aire por Bacterias y Fungi en el distrito de Castillo Grande - Leoncio Prado* [ Tesis de título profesional, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1920>
- Albuquerque, E., Coelho, F., Do Socorro, M., Abreu, M., Afranio, F. (2004). Freqüência de Serratia sp em Infecções Urinárias de pacientes internados na Santa Casa de Misericórdia em Fortaleza. *Revista de Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 37(1), 70-71. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822004000100020>
- Arias,G., Garzon, J. (2010). Zigomicosis. *Infectio*, 14(2), 181-192.
- Atlas, R., Bartha, R. (2003). Ecología microbiana y Microbiología ambiental. Pearson educación.
- Belén, E. (2015). Importancia del conocimiento de las esporas atmosféricas en zonas urbanas y su relación con la morbilidad por asma. *Revista de Salud ambiental*, 15(1), 12-64.
- Blanco, B. (2006). Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgos sobre la salud en la localidad de Puente Aranda, Bogotá D.C. Colombia. *Acta Nova*, 3(2), 257 – 285.
- Calderón, L. (2018). *Relación del sistema de drenaje pluvial y la calidad microbiológica del aire en las calles de la ciudad de Huánuco, Julio - Octubre 2018*. [ Tesis de título profesional, Universidad de Huánuco]. Repositorio UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1479>

- Castañon, L. (2021). Hongo negro: mitos y realidades de la mucormucosis. Gaceta UNAM, Investigadora de la Unidad de micología del Departamento de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Medicina de la UNAM.
- Castillo, G. (2019). *Evaluación de microorganismos patógenos oportunistas en el material particulado atmosférico en el campus Universitario de la UNASAM, Shancayan - Independencia - Huaraz, 2018*. [ Tesis de título profesional, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio UNASAM. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4084>
- Castro, C. (2018). *Caracterización de bioaerosoles después de una precipitación pluvial en relación con las infecciones respiratorias agudas en la ciudad de Ayacucho, 2018* [ Tesis de título profesional, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2253142>
- Castro, S., Rodriguez, C., Perazzi, B., Radice, M., Paz, M., Muzio, H., Juarez, J., Gutkind, G., Famiglietti, A., Santini, P., Vay, C. (2006). Comparación de diferentes métodos para identificar las especies del genero *Proteus*. *Revista Argentina de Microbiología*, 38(1), 119-124.
- Cervantes, E., Garcia, R., Salazar, P. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Rev. Latinoam Patol Clin Med Lab*, 61(1), 28-40.
- Collen, C. (2014). El hongo entre nosotros: Aspergillus. *Nursing*, 31(5), 63-64.
- Cornejo, P., Rangel, A., Soto, L. (2000). Geotricosis pulmonar en una paciente con trasplante renal. *Rev. Enfermedades infecciones y microbiología*, 20(1), 24-27.
- Cortez, A., Díaz, M., Salgado, M. (2017). *Bacillus cereus*: Alimentos, Salud y Biotecnología. *Rev. Agro productividad*, 10(10), 3-9.
- Cruz, A., Cazacu, A., Allen C. (2007). *Pantoea agglomerans*, a Plant Pathogen Causing Human Disease. *Journal of Clinical Microbiology*, 45(6), 1989-1992. <https://doi.org/10.1128/JCM.00632-07>

- Cruz, A., Jiménez, A. (2006). *Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) en la localidad de puente Aranda*. [Tesis de título profesional, Universidad de la Salle]. Repositorio Ciencia la Salle. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1169&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1169&context=ing_ambiental_sanitaria)
- De la Rosa, M., Mosso, M., Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*, ISSN: 1139-1987(5), 375–402.
- Di Venanzio, G. (2014). *Mecanismos de patogénesis de Serratia marcescens*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Rosario]. Repositorio UNR. <https://rehip.unr.edu.ar/handle/2133/10304>
- Duarte, I., Vargas, A., Herrera, J., Herrera, M., Marín, J., Yock, I., Herrera, L. (2001). *Serratia marcescens* análisis de 432 aislamientos Hospital Nacional de niños. *Rev. medico Hosp. Nac. Niños*, 36 (1), 1-2.
- Fernandez, M., Reina, G., Rubio, M., Leiva, J. (2018). Infecciones por *Corynebacterium* spp., *Bacillus* spp. y *Listeria* spp. *Universidad de Navarra*, 12(49),2901-2909
- Font, I. 1991, Inocencio. El hombre y su ambiente atmosférico. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid-España
- Gentile, D., Perez, M., Centelles, M. (2014). Bacteriemia por *Serratia rubidaea* con fenotipo atípico de resistencia a quinolonas. *Rev Chilena Infectol*,31(3),351-352.
- González, F., Candau, P., Marroquín, A. (1996). Relaciones entre aerobiología y Meteorología. INM Centro Meteorológico de Extremadura, Badajoz. 229 - 234p
- Herrera, K., Cobar, O., Barrios, R., Pierola, K., Chamale, W., Rosales, C., Quan, J., Moreno, M., Paxtor, J, Maas, J. (2014). Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscopicos en dos colecciones biológicas y dos museos de la ciudad de Guatemala. *Instituto de Investigaciones Química y Biológicas, Universidad de San Carlos de Guatemala*, 25(2), 43-58.

- INEI (2017). Censos Nacionales 2017: XII de Poblacion, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- Izzedin, A., Medina, L., Rojas, T. (2011). Evaluación de bioaresoles en ambientes de centros de salud de la ciudad de Valencia, Venezuela. *Kasmera*, 39(1), 59-67.
- Jambo, L., Mendoza, L. (2019). *Evaluación de la Calidad Microbiológica del aire en el área de influencia de la Planta de Tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca, en el periodo 2018-2019*. [ Tesis de título profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23016>
- Jawetz, E., Melnick, J., Adelberg, E. (2010). *Microbiología medica*. (25 ed.). Mc Graw Hill Lange.
- Koneman, E. (1996). *Koneman diagnostico microbiológico: texto y atlas en color*. (6 ed) . Medica Panamericana.
- Korc, M., Farías, F., Cerda, R. (2000). El proceso de fijación y revisión de las normas de calidad del aire. OMS. OPS/CEPIS/PUB/00.50
- Largo, R., Donoso, J., Pruyas, M. (1973). Neumonía a proteus. *Rev. Chilena Pediatría*, 44(4), 354-358.
- Lectong, M., Palma, C., Lopez, M., De la Cruz, A., Cobeña, H., Philco, E. (2014). Agentes microbiológicos presentes en el aire de la ciudad de Calceta. Mención de calidad en el simposio ALPA-UTEQ.
- Lopardo, H., Gobet, L., Viegas, J., De los Ángeles, A., Vigliarolo, L., Suarez, M. (2014). *Introducción a la microbiología clínica*. Universidad Nacional de la Plata.
- López, C. (2010). Protocolo de prácticas de Microbiología General. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Martin, R. (2020). Infección del tracto urinario por *Pantoea agglomerans*: ¿Un patógeno de pacientes inmunodeprimidos?. *Rev. Pediatría Atención Primaria*, 21(84), 201-203.
- Matus, P., Lucero, R. (2002). Norma primaria de Calidad del aire. *Rev. Chilena de enfermedades respiratorias*, 18 (2), 112 – 122. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482002000200006>.

- Méndez A., Camacho, J., Echeverry, S. (2015). Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva, Colombia. *Salud Pública*, 17(5), 728–737. <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v17n5.38468>
- Minchola, G. (2021). *Macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad del agua del río negro, Aguaytía*. [ Tesis de título profesional, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1980>
- Moreno, L., Tamayo, M., Amariles, N., Garrido, E. (2020). Infecciones por Enterobacter y Entococcus resistentes asociadas a la atención en salud en Hispanoamérica 2002-2017. *Rev. Medicina y laboratorio*, 24(3), 221-232.
- Muñoz, W., Soberon, K. (2021). *Determinación de la calidad microbiológica del aire en la Vía Evitamiento de Cajamarca de Enero – Febrero del año 2020*. [ Tesis de título profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28628?show=full>
- Olivera, L. (2020). *Calidad Microbiológica del aire en seis áreas de la Microestación biológica-Zoocriadero de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María - Perú* [ Tesis de título profesional, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1807>
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Rev. Chilena de enfermedades respiratorias*, 26 (1), 16-25. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>
- Querol, X. (2008). Calidad del aire, partículas en suspensión y metales. *Rev Esp Salud Pública*, 82(5), 447-454.
- Quiroz, N., Villanueva, J., Lozano A. (2017). Mucormicosis. *Rev Asoc Colomb Dermatol*, 25(4),284-293.
- Ramirez, F. (2010). *Aislamiento de Bacterias Lactobacillus sp y levaduras a partir de productos lácteos artesanales y evaluación de la capacidad antagónica in vitro*. [ Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8624/tesis584.pdf?sequence=1>

- Ramos, J. (2020). Microbiología de *Hafnia alvei*. *Infec Microbiol Clin*, 38(1), 1-6. <http://DOI:10.1016/j.eimc.2020.02.001>
- Ramos, L. (2019). *Microorganismos patógenos del aire presentes en las partículas atmosféricas sedimentables de las áreas verdes de Tingo María (Abril - Junio 2018)*. [ Tesis de título profesional, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1454>
- Ramos, R., Meza, V. (2017). Efectos de algunos factores meteorológicos sobre la concentración de esporas de hongos en la plaza San Martín de Lima. *Ecología Aplicada*, 16(2), 143- 149. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1018>
- Ríos, Y. (2011). La aeromicrobiología y su importancia para la medicina. *Rev. Medica científica*, 24(2), 28-42.
- Rodríguez, J., González, G., Montoya, A. (2022). Fusarium un fitopatógeno que amenaza la salud humana. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 25(1), 114. <https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.114-1>
- Rodríguez, M., Tavera, M., Acosta, L. (2015). Bacterias oportunistas involucradas en infecciones oculares. *Cien. Tecnol. Salud. Vis. Ocul*, 13(2), 73-84 p.
- Rojas, A. (2011). Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. *Rev. Venezolana de sociología y antropología*, 21(61), 176 – 207.
- Romero, M., Diego, F., Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*, 44(2), 1-14.
- Rosas, I. (2004). *Microbiología ambiental*. [https://books.google.es/books?id=oQOSGAJPwZkC&dq=microbiologia+AMBIENTAL&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.es/books?id=oQOSGAJPwZkC&dq=microbiologia+AMBIENTAL&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Salguero, I., Orden, B., Najera, L., Roustán, G. (2019). Fungemia diseminada por *Saprochaete clavata*. *Enferm Infec Microbiol Clin*, 37 (4), 278-284. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2018.05.003>

- Sánchez, K., Almaguer, M. (2014). Aeromicología y salud humana. *Rev. Cubana de Medicina Tropical*, 66(3),322-337.
- Sánchez, L., Cabanillas, J. (2010). Infecciones micóticas sistémicas o profundas: Blastomicosis Norteamericana. *Dermatol Perú*, 20(4), 250-256.
- SENAMHI (2022). Datos hidrometeorológicos a nivel nacional. Estación Aguaytía.
- Silva, F., Martínez, P. (2018). Complejo enterobacter cloacae. *Rev. Chilena infectol*, 35(3), 297-298.
- Tapia, C., Amaro, J. (2014). Genero Fusarium. *Revista Chilena Infectol*, 31(1), 85-86.
- Vílchez, M. (2018). Contaminación fúngica ambiental en las líneas de transporte público urbano de la ciudad de Ayacucho, 2017. [ Tesis de título profesional, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio UNSCH. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2854>
- Vivas, H. (2021). Caracterización microbiológica del aire en el casco urbano de Calceta, Manabi, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y ambiental*, 42(3), 29-38.
- Vivas, H., Mendoza, L., Loureiro, J., Delgado, M., Pincay, M., Vera, V. (2019). Contaminación atmosférica y aeriobiología del casco urbano de Calceta- Manabi. *Revista Riemat*, 4(1), 47-51.
- Walterson, A., Stavrínides, J. (2015). Patoea: conocimientos sobre un género muy versátil y diverso dentro de las Enterobacteriaceae. *FEMS Microbiology reviews*, 39(6), 968-984. [doi: 10.1093/femsre/fuv027](https://doi.org/10.1093/femsre/fuv027)

## **ANEXOS**

## Anexo A. Tablas Complementarias

**Tabla 21.** Humedad relativa (%) y Temperatura (°C)

N °	Punto de muestreo	Meses					
		Nov 2021		Mar 2022		Jul 2022	
		T (°C)	HR(%)	T (°C)	HR(%)	T (°C)	HR(%)
PM1	Malecón Río Aguaytía	26,6	60,0	28,4	60,5	32,7	52,0
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	27,6	60,5	29,4	60,0	33,5	52,0
PM3	Plaza Miguel Grau	28,9	60,0	30,7	60,0	33,5	52,0
PM4	Plaza Mayor	29,1	60,5	31,1	61,0	33,5	52,0
PM5	Parque 23 Marzo	29,2	59,0	31,0	58,0	33,4	51,5

**Tabla 22.** Concentración de Bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía durante el periodo 2021 – 2022

N °	Punto de muestreo	Meses (UFC/m <sup>3</sup> )			Promedio
		Nov 2021	Mar 2022	Jul 2022	
PM1	Malecón Río Aguaytía	800	80	240	373
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	80	1040	400	507
PM3	Plaza Miguel Grau	480	640	320	480
PM4	Plaza Mayor	320	80	1040	480
PM5	Parque 23 Marzo	640	800	480	640
	Promedio	464	528	496	496

**Tabla 23.** Concentración de los Fungi (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire de la Zona Urbana de Aguaytía durante el periodo 2021 - 2022

N °	Punto de muestreo	Meses (UFC/m <sup>3</sup> )			Promedio
		Nov-21	Mar-22	Jul-22	
PM1	Malecón Río Aguaytía	240	320	80	213
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	80	1760	240	693
PM3	Plaza Miguel Grau	160	80	160	133
PM4	Plaza Mayor	80	80	80	80
PM5	Parque 23 Marzo	160	80	160	133
	Promedio	144	464	144	251

**Tabla 24.** Bacterias identificadas por el método de Coloración Gram de Noviembre del 2021

N°	Punto de muestreo	Medios de cultivo			
		Manitol Salado	Mac Conkey	Cled	M77
PM1	Malecón Río Aguaytía	Bacillus sp (+)	Stafilococcus sp (+) Bacilos (-)	Bacilos (-)	Bacillus sp (+)
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	Bacillus sp (+)	-	Bacillus sp (+) Bacilos (-)	Bacillus sp (+)
PM3	Plaza Miguel Grau	Stafilococcus sp (+)	-	Bacillus sp (+)	Bacillus sp (+)
PM4	Plaza Mayor	Bacillus sp (+)	Bacilos (-)	Bacillus sp (+)	Bacillus sp (+)
PM5	Parque 23 de Marzo	Bacillus sp (+)	-	Bacilos (-)	Bacilos (-)

**Tabla 25.** Bacterias identificadas por el método de Coloración Gram de Marzo del 2022

N°	Punto de muestreo	Medios de cultivo			
		Manitol Salado	Mac Conkey	Cled	M77
PM1	Malecón Río Aguaytía	Bacillus sp (+)	-	Bacillus sp (+)	Stafilococcus sp (+)
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	-	-	Staphylococcus sp (+)	-
PM3	Plaza Miguel Grau	Bacillus sp (+)	-	Bacillus sp (+)	Bacilos (-)
PM4	Plaza Mayor	Stafilococcus sp (+) Bacilos (-)	Bacilos (-)	Bacillus sp (+)	Bacillus sp (+)
PM5	Parque 23 de Marzo	Bacillus sp (+)	Stafilococcus sp (+)	Bacillus sp (+)	Bacilos (-)

**Tabla 26.** Bacterias identificadas por el método de Coloración Gram de Julio del 2022

N°	Punto de muestreo	Medios de cultivo			
		Manitol Salado	Mac Conkey	Cled	M77
PM1	Malecón Río Aguaytía	Bacilos (-)	Stafilococcus sp (+)	Bacillus sp (+)	Bacilos (-)
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	Streptobacillus sp (+) Bacilos (-)	Stafilococcus sp (+)	Stafilococcus sp (+), Bacilos (-)	Streptobacillus sp (+), Bacilos (-)
PM3	Plaza Miguel Grau	Stafilococcus sp (+) Bacillus sp (+)	Bacilos (-)	Stafilococcus sp (+)	Bacilos (-)
PM4	Plaza Mayor	Bacilos (-)	-	Bacilos (-)	Bacillus sp (+) Bacillus sp (+),
PM5	Parque 23 de Marzo	Bacillus sp (+)	-	Bacillus sp (+)	Lactobacillus sp (+)

**Tabla 27.** Bacterias identificadas por el método de Diferenciación Bioquímica en Noviembre del 2021

Pruebas bioquímicas	Puntos de Muestreo / Medios de cultivo					
	Malecón Río Aguaytía		Parque Nuevo Aguaytía	Plaza Mayor		
	Mac Conkey	Cled	Cled	Mac Conkey	Cled	M77
Indol	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
SIM	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
RM	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
VP	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
TSI (Lactosa)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)
TSI (Sacarosa)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)
TSI (Glucosa)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)
TSI (H <sub>2</sub> S)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
TSI (Gas)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Citrato de Simons	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)
Ureasa	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)
LIA	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)
Malonato	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)
Bacteria	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>

**Tabla 28.** Bacterias identificadas por el método de Diferenciación Bioquímica en Marzo 2022

Pruebas bioquímicas	Puntos de Muestreo / Medios de cultivo			
	Plaza Miguel Grau	Plaza Mayor	Parque 23 de Marzo	
	Cled	Mac Conkey	Mac Conkey	Cled
Indol	(-)	(-)	(-)	(-)
SIM	(+)	(-)	(-)	(-)
RM	(-)	(+)	(-)	(-)
VP	(+)	(-)	(+)	(+)
TSI (Lactosa)	(+)	(+)	(+)	(+)
TSI (Sacarosa)	(+)	(+)	(+)	(+)
TSI (Glucosa)	(+)	(+)	(+)	(+)
TSI (H <sub>2</sub> S)	(-)	(-)	(+)	(+)
TSI (Gas)	(-)	(+)	(-)	(-)
Citrato de Simons	(+)	(+)	(+)	(-)
Ureasa	(+)	(-)	(-)	(+)
LIA	(+)	(+)	(+)	(+)
Malonato	(-)	(+)	(-)	(+)
Bacteria	<i>Pantoea agglomerans</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Serratia rubidaea</i>

**Tabla 29.** Bacterias identificadas por el método de Diferenciación Bioquímica en Julio del 2022

Pruebas bioquímicas	Puntos de Muestreo / Medios de cultivo					
	Malecón Río Aguaytía	Parque Nuevo Aguaytía		Plaza Miguel Grau	Plaza Mayor	Parque 23 de Marzo
	M77	Cled	M77	Cled	Cled	Cled
Indol	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
SIM	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)
RM	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
VP	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)
TSI (Lactosa)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
TSI (Sacarosa)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
TSI (Glucosa)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
TSI (H <sub>2</sub> S)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
TSI (Gas)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Citrato de Simons	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)
Ureasa	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)
LIA	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Malonato	(-)	(-)	(-)	(+) o (-)	(-)	(-)
Bacteria	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Enterobacter hafniae</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>

**Tabla 30.** Diversidad de bacterias identificadas en Noviembre del 2021

N°	Punto de muestreo	Método de caracterización		Diversidad
		Coloración Gram	Diferenciación Bioquímica	
PM1	Malecón Río	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Pantoea agglomeruns,</i>	4
	Aguaytía	<i>Staphylococcus sp. (Gram +)</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	2
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Staphylococcus sp. (Gram +)</i>	-	1
PM4	Plaza Mayor	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Pantoea agglomeruns,</i>	2
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	-	1

**Tabla 31.** Diversidad de bacterias identificadas en Marzo del 2022

N°	Punto de muestreo	Método de caracterización		Diversidad
		Coloración Gram	Diferenciación Bioquímica	
PM1	Malecón Río	<i>Staphylococcus sp. (Gram +)</i>	-	2
	Aguaytía	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>		
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Staphylococcus sp. (Gram +),</i>	-	1
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Pantoea agglomeruns</i>	2
PM4	Plaza Mayor	<i>Bacillus sp.(Gram +)</i>	<i>Pantoea agglomeruns</i>	2
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Staphylococcus sp. (Gram +),</i>	<i>Serratia marcescens,</i>	4
		<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Serratia rubidae</i>	

**Tabla 32.**Diversidad de bacterias identificadas en Julio del 2022

N°	Punto de muestreo	Método de caracterización		Diversidad
		Coloración Gram	Diferenciación Bioquímica	
PM1	Malecón Río	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Proteus mirabilis</i>	3
	Aguaytía	<i>Stafilococcus sp. (Gram +)</i>		
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Streptobacillus sp. (Gram -)</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	4
		<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>		
		<i>Stafilococcus sp. (Gram +)</i>		
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Staphylococcus sp. (Gram +)</i>	<i>Enterobacter hafniae</i>	3
		<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>		
PM4	Plaza Mayor	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>	2
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Bacillus sp. (Gram +)</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	3
		<i>Lactobacillus sp. (Gram +)</i>		

**Tabla 33.**Diversidad de fungi identificados en Noviembre del 2021

N	Punto de muestreo	Género	Diversidad
PM1	Malecón Río Aguaytía	<i>Aspegillus sp.</i>	1
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Geotrichum sp.</i>	1
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Geotrichum sp.</i>	1
PM4	Plaza Mayor	<i>Geotrichum sp.</i>	1
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Rhizopus sp.</i>	1

**Tabla 34.**Diversidad de fungi identificados en Marzo del 2022

N	Punto de muestreo	Género	Diversidad
PM1	Malecón Río Aguaytía	<i>Blastomyces sp., Fusarium sp., Aspergillus sp.</i>	3
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Geotrichum sp.</i>	1
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Aspergillus sp., Geotrichum sp.</i>	2
PM4	Plaza Mayor	<i>Blastomyces sp., Geotrichum sp.</i>	2
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Fusarium sp.</i>	1

**Tabla 35.** Diversidad de fungi identificados en Julio del 2022

<b>N</b>	<b>Punto de muestreo</b>	<b>Género</b>	<b>Diversidad</b>
PM1	Malecón Rio Aguaytía	<i>Rhizopus sp., Fusarium sp., Geotrichum sp.</i>	3
PM2	Parque Nuevo Aguaytía	<i>Geotrichum sp., Rhizopus sp.</i>	2
PM3	Plaza Miguel Grau	<i>Aspergillus sp., Rhizopus sp.</i>	2
PM4	Plaza Mayor	<i>Rhizopus sp., Geotrichum sp., Aspergillus sp.</i>	3
PM5	Parque 23 Marzo	<i>Aspergillus sp., Rhizopus sp., Fusarium sp., Oidium sp.</i>	4

Anexo B. Mapa de Ubicación de puntos de muestreo

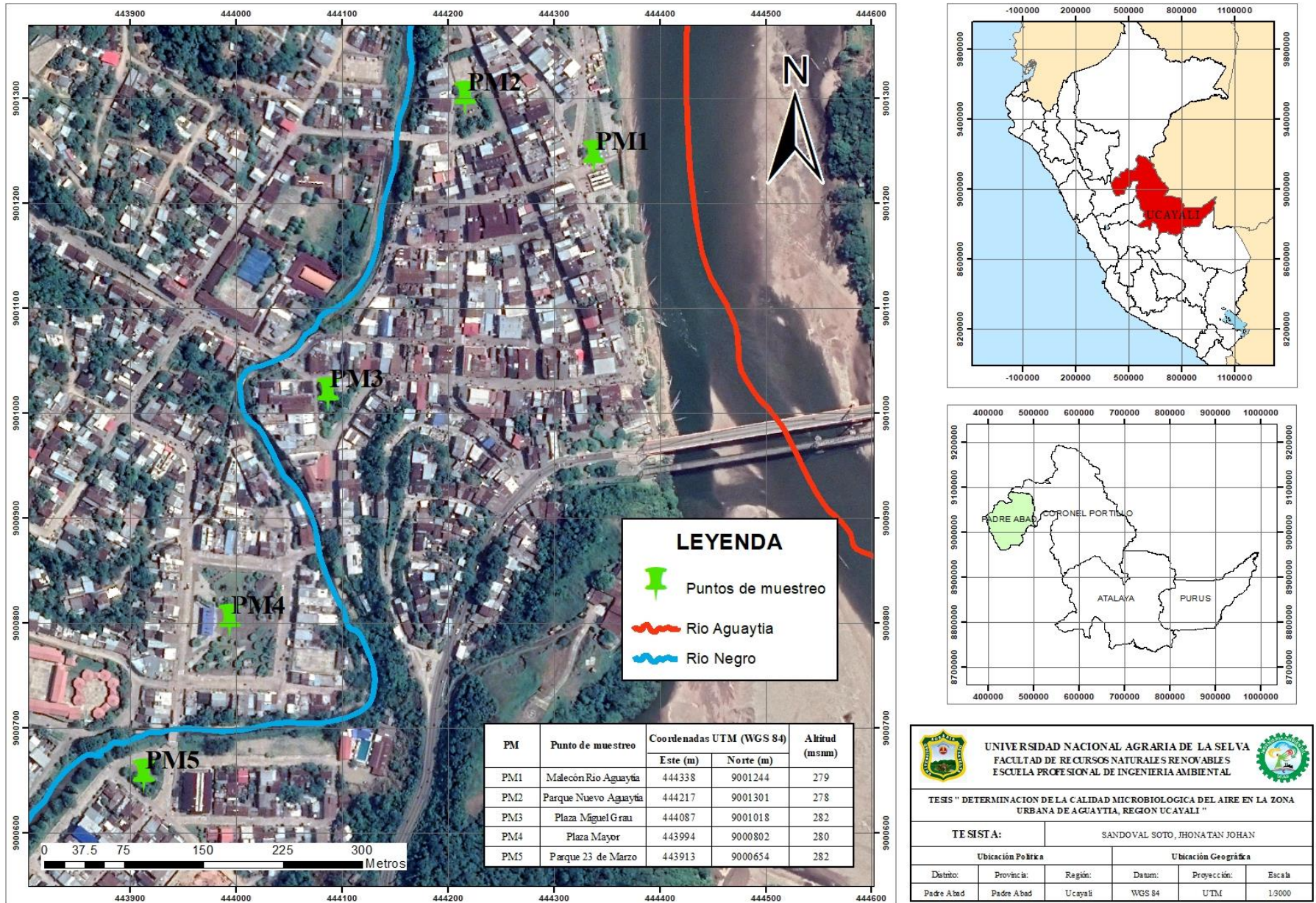
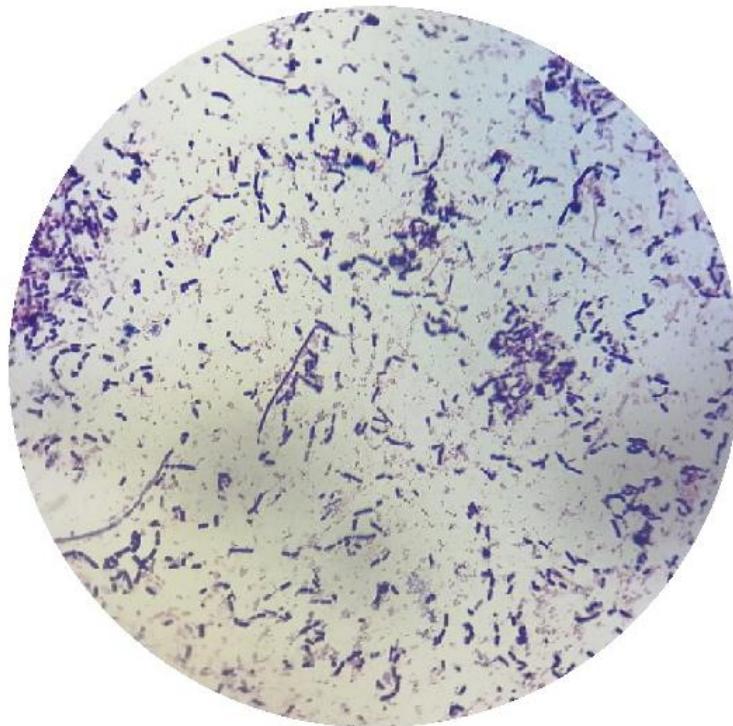


Figura 11. Mapa de ubicación de puntos de muestreo

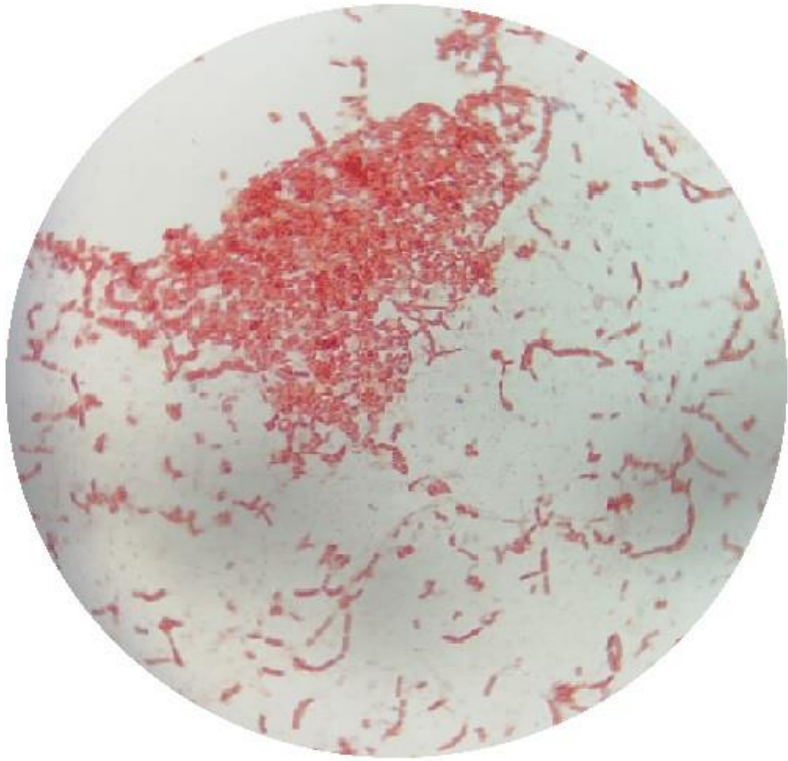
**Anexo C. Microorganismos identificados: Bacterias**



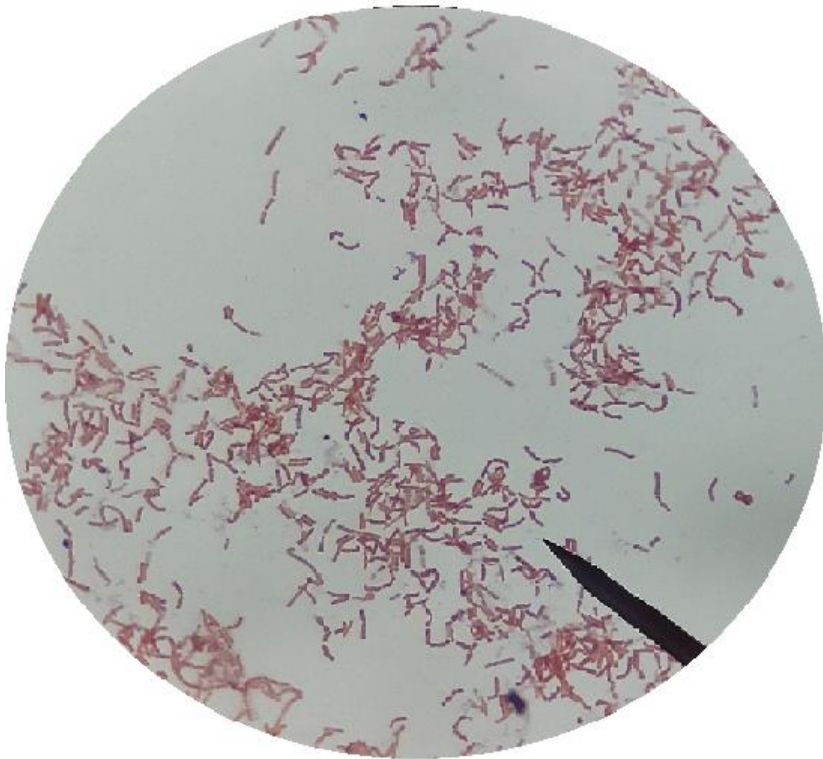
**Figura 12.** Bacillus sp Gram (+)



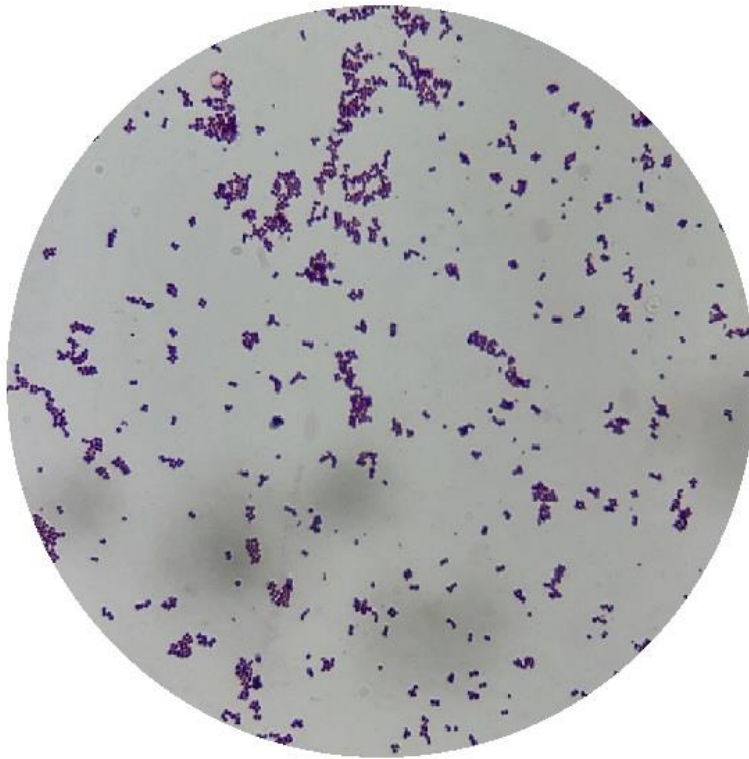
**Figura 13.** Bacillus sp Gram (+)



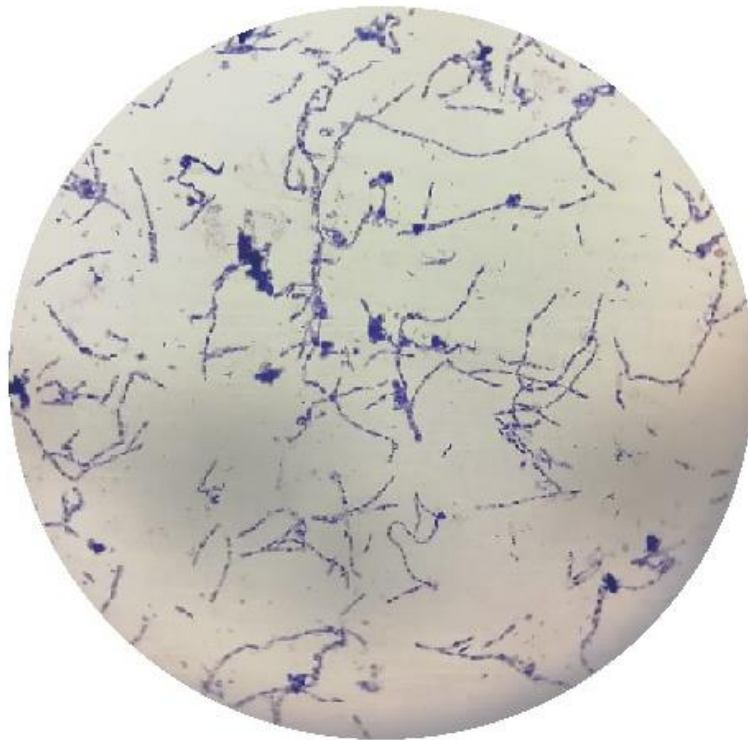
**Figura 14.** Bacilos Gram (-)



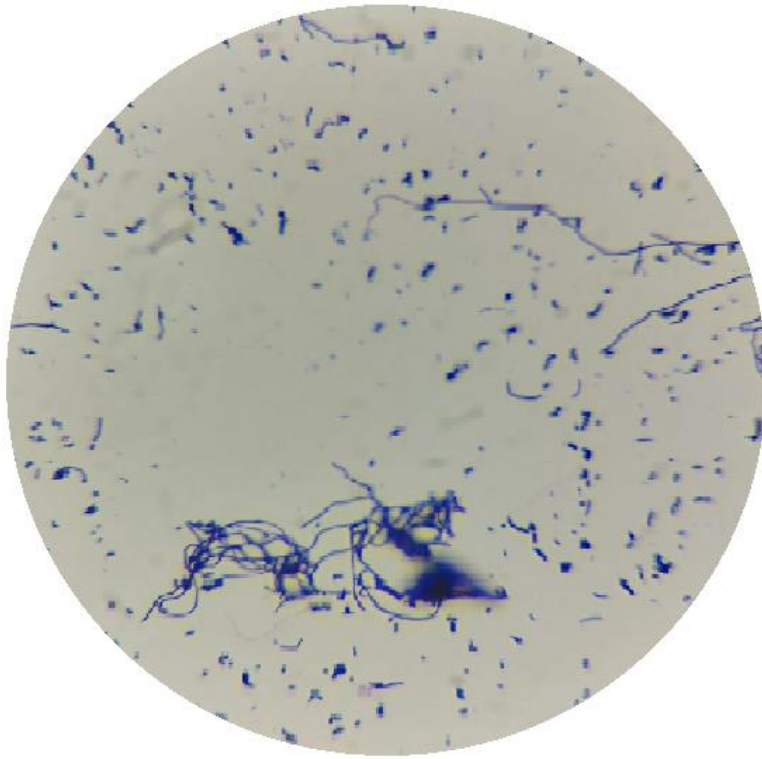
**Figura 15.** Bacilos Gram (-)



**Figura 16.** Staphylococcus sp Gram (+)

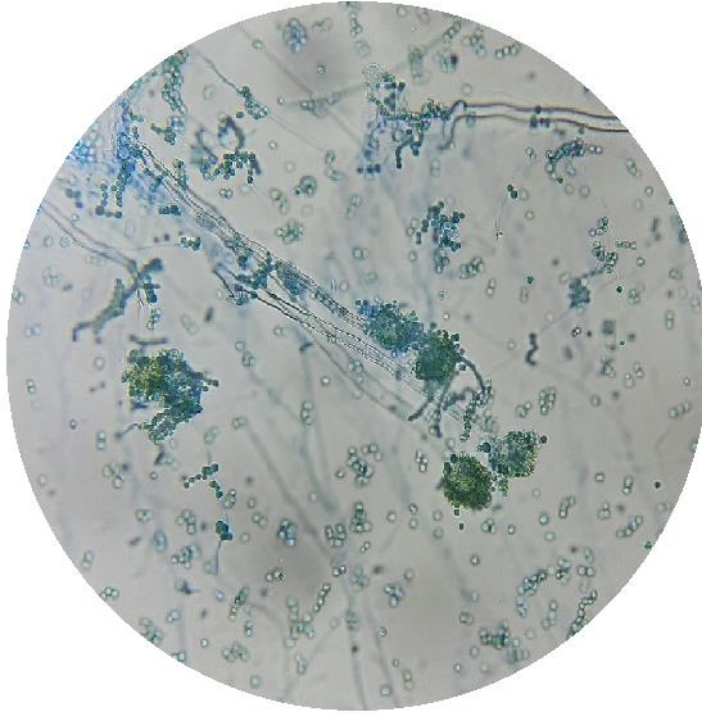


**Figura 17.** Streptobacillus sp Gram (-)

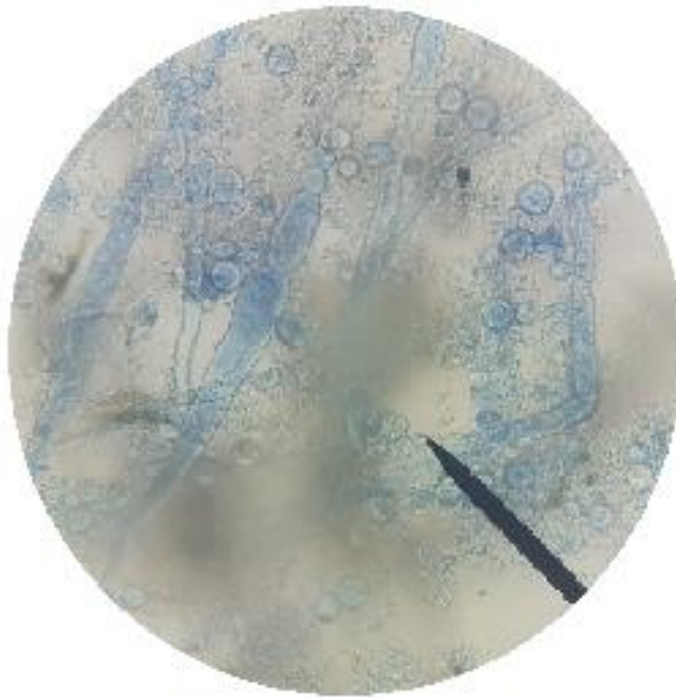


**Figura 18.** Lactobacillus sp Gram (+)

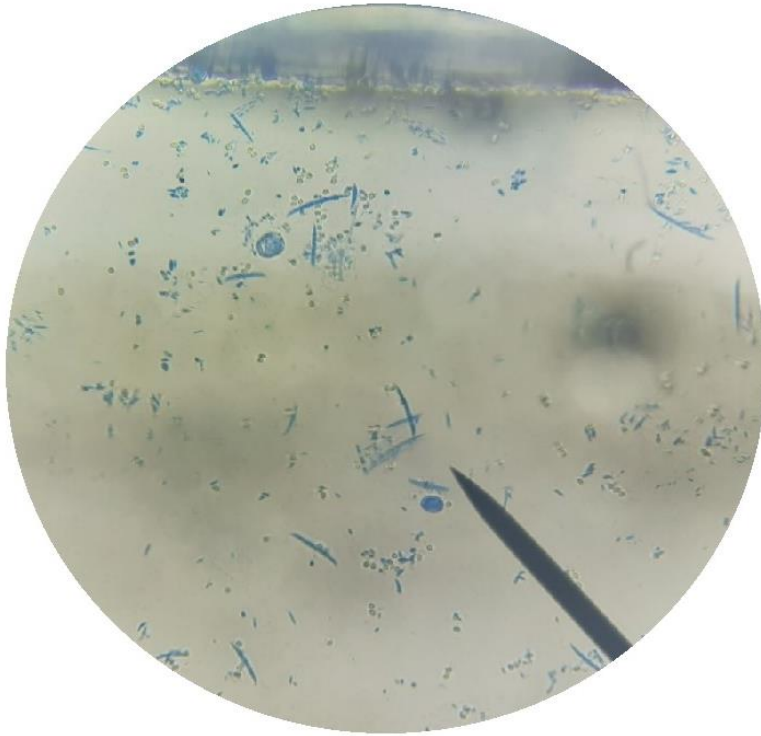
**Anexo D. Microorganismos identificados: Fungis**



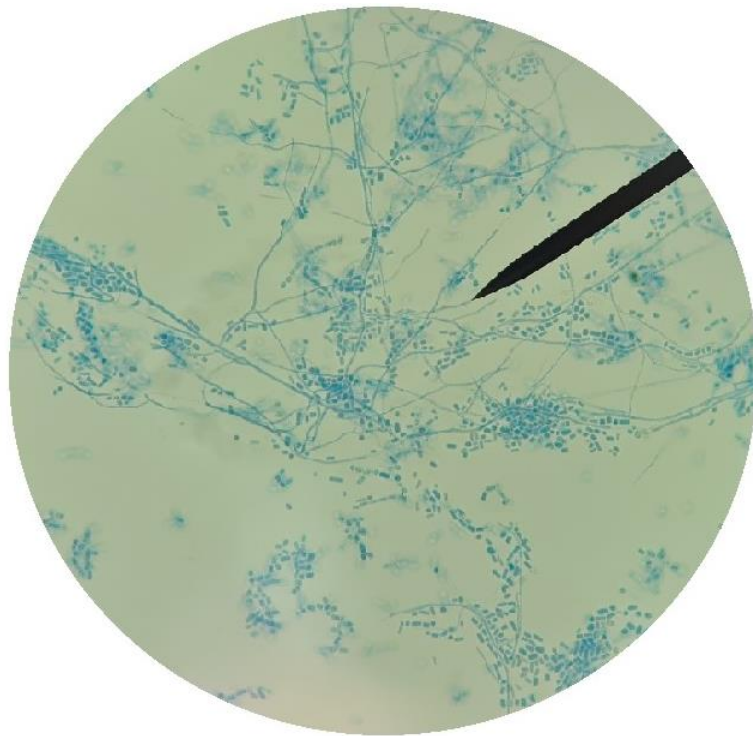
**Figura 19.** *Aspergillus sp.*



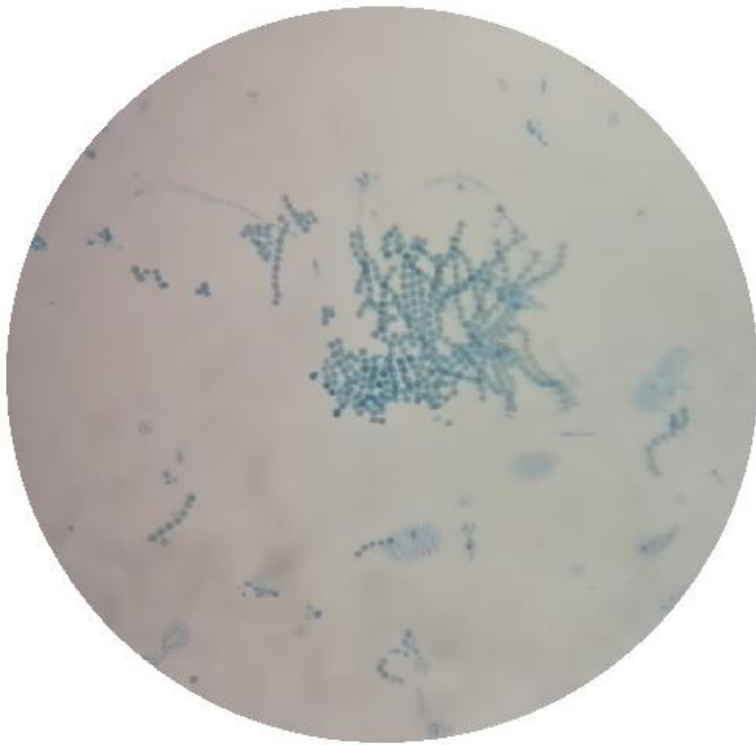
**Figura 20.** *Blastomyces sp.*



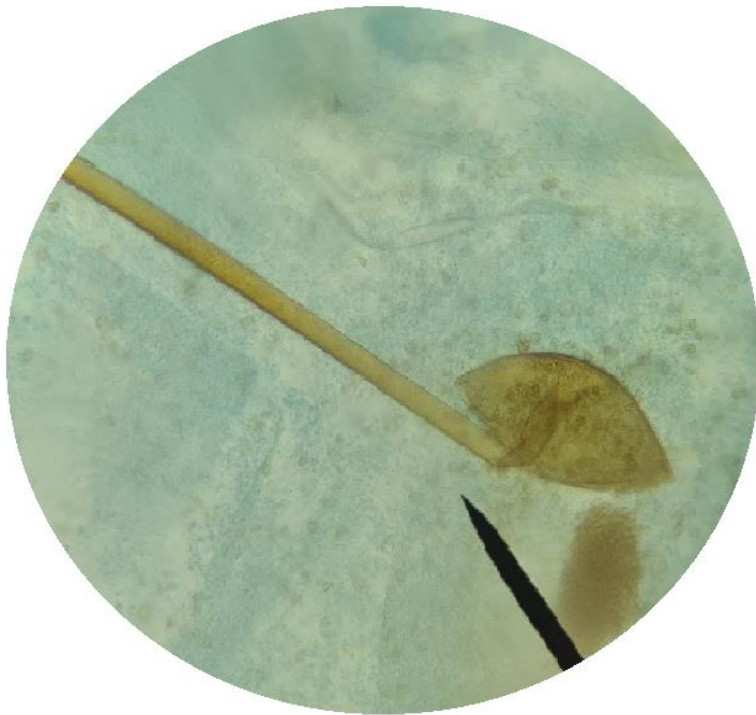
**Figura 21.** *Fusarium sp.*



**Figura 22.** *Geotrichum sp*



**Figura 23.** *Oidium sp*



**Figura 24.** *Rhizopus sp.*

**Anexo E. Panel fotográfico****Figura 25.** Preparación de Caldo BHI**Figura 26.** Matracas con Caldo BHI para muestreo



**Figura 27.**Muestreo microbiológico del aire en Malecón Río Aguaytía (PM1)



**Figura 28.**Muestreo microbiológico del aire en Parque Nuevo Aguaytía (PM2)



**Figura 29.** Muestreo microbiológico del aire en Plaza Miguel Grau (PM3)



**Figura 30.** Muestreo microbiológico del aire en Plaza Mayor de Aguaytía (PM4)



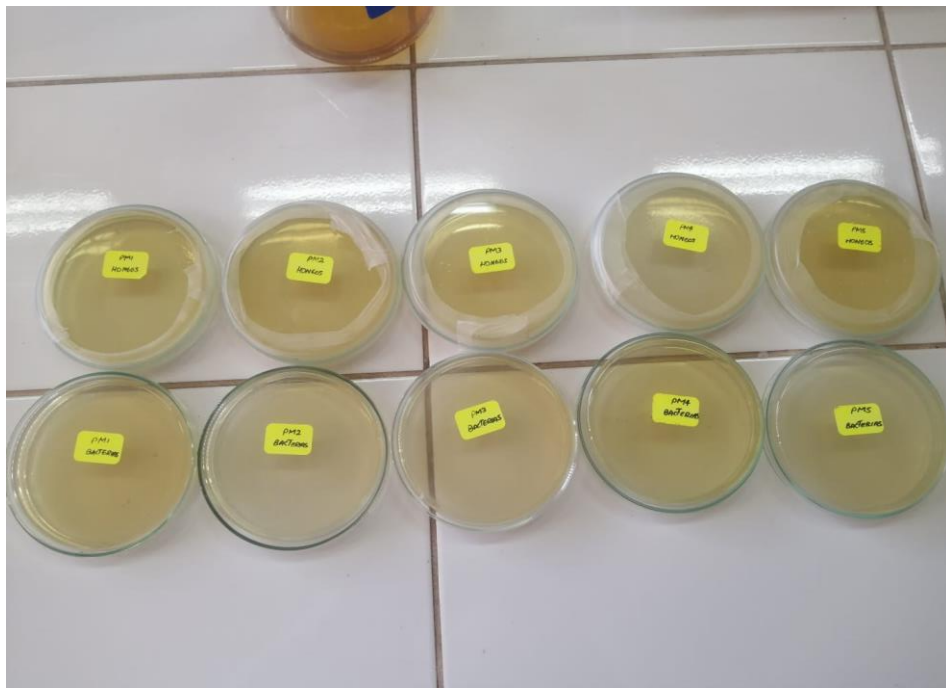
**Figura 31.** Muestreo microbiológico del aire en Malecón Río Aguaytía (PM5)



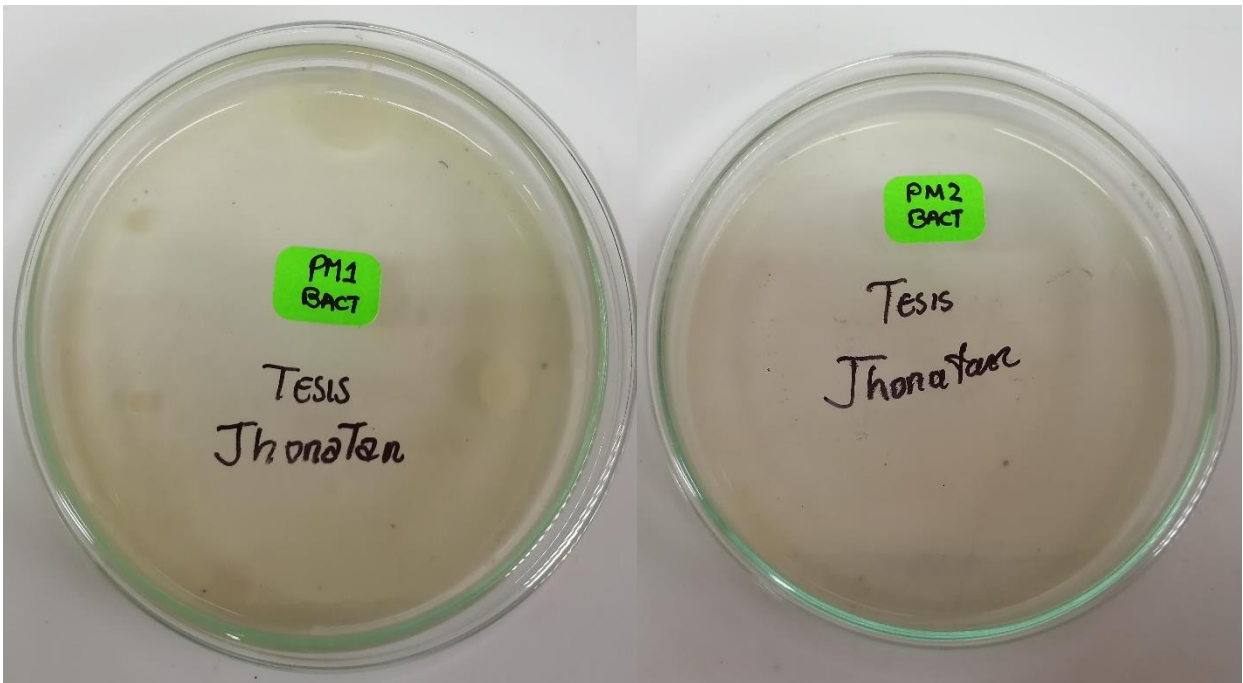
**Figura 32.** Medición de Temperatura y Humedad relativa con termohigrometro



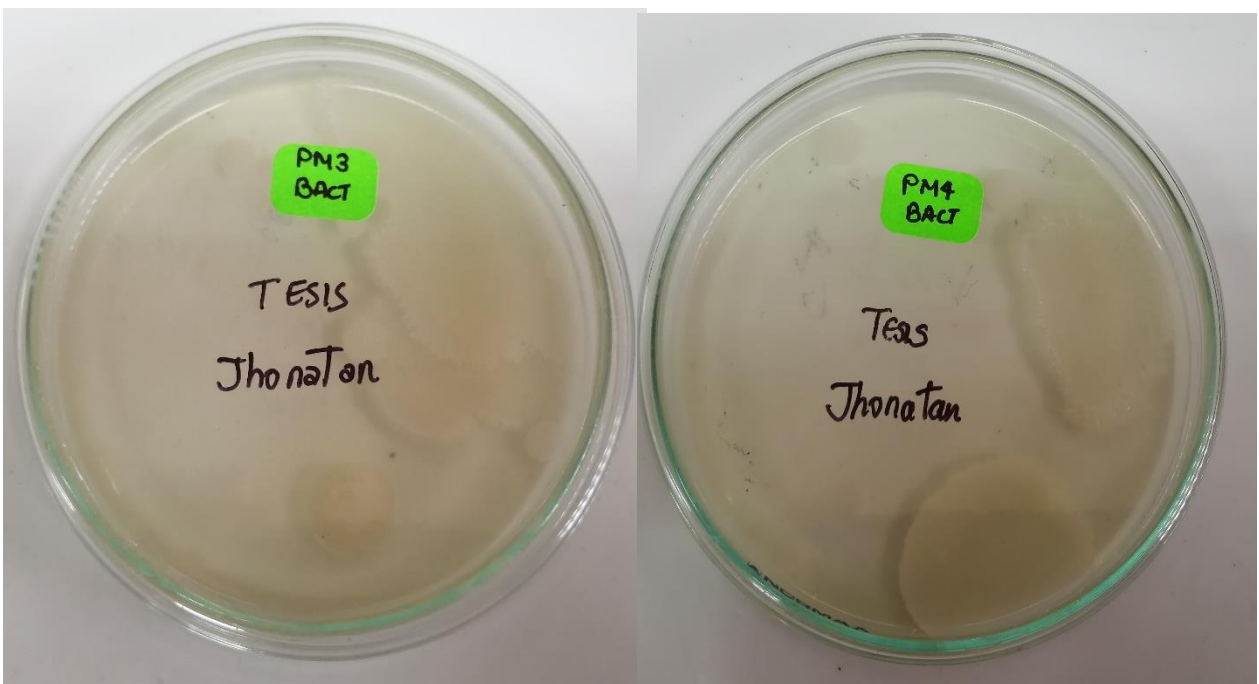
**Figura 33.** Dilución de muestras para determinar la concentración (UFC/m<sup>3</sup>)



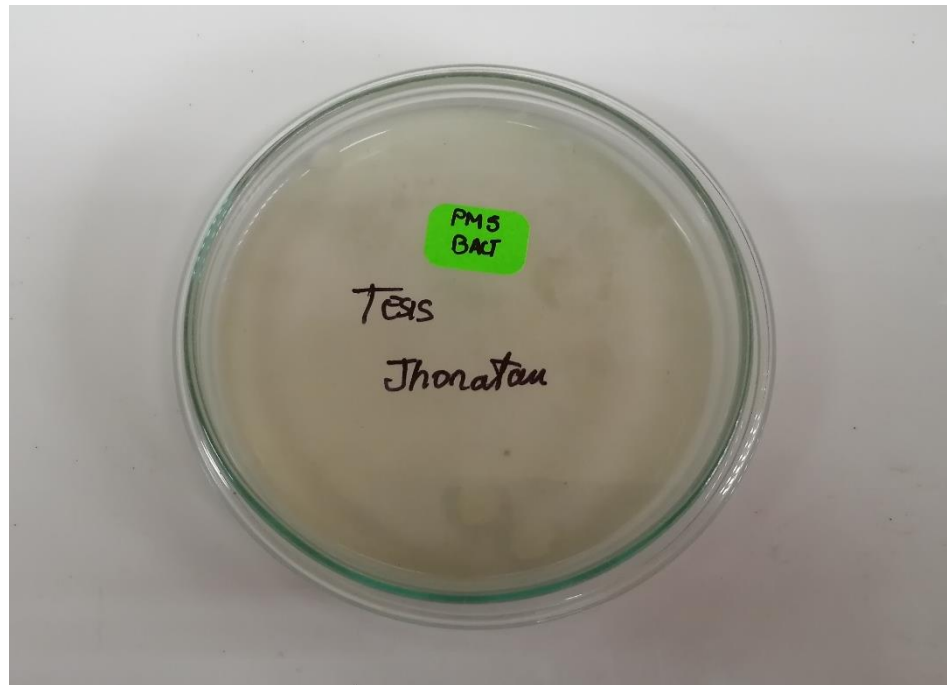
**Figura 34.** Placas con Agar Plate count (Bacterias) y Agar Sabouraud Glucosa (Fungis) para recuento de colonias



**Figura 35.** Colonias de Bacterias incubadas (PM1 y PM2) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m<sup>3</sup>)



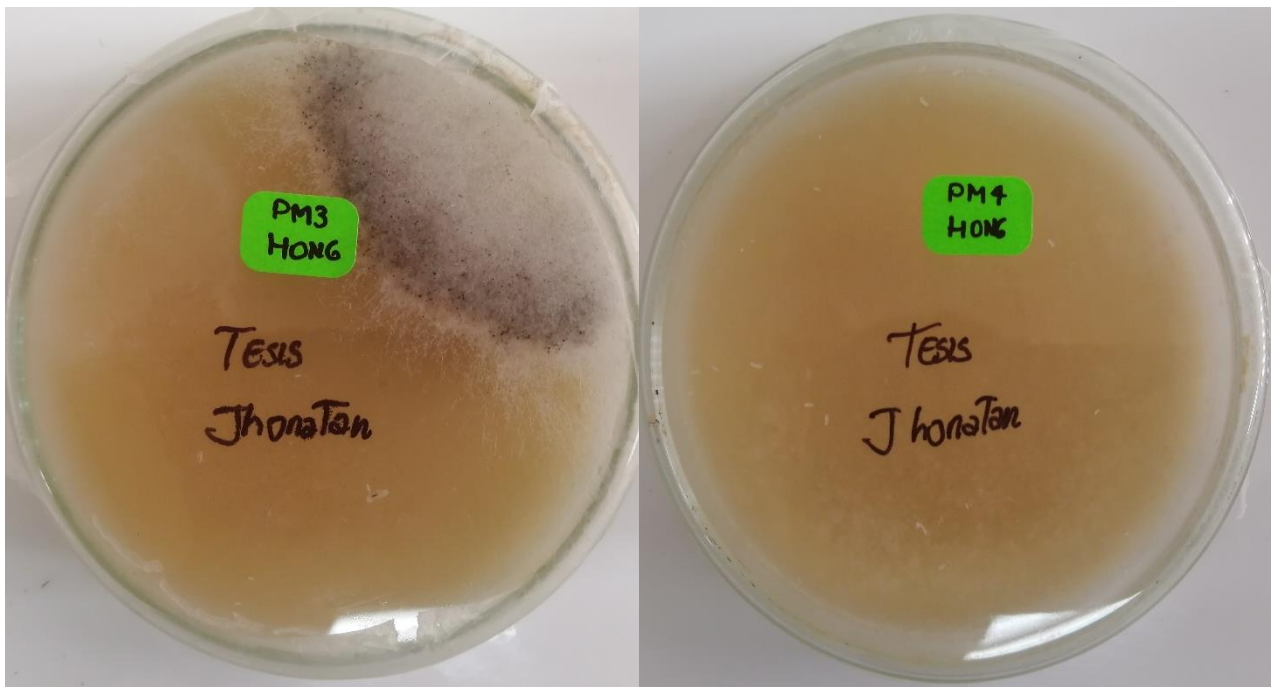
**Figura 36.** Colonias de Bacterias incubadas (PM3 y PM4) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m<sup>3</sup>)



**Figura 37.** Colonias de Bacterias incubadas (PM5) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m<sup>3</sup>)



**Figura 38.** Colonias de Fungis incubados (PM1 y PM2) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m<sup>3</sup>)



**Figura 39.** Colonias de Fungi incubados (PM3 y PM4) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m<sup>3</sup>)



**Figura 40.** Colonias de Fungi incubados (PM5) para determinar su concentración del aire en la Zona Urbana de Aguaytía (UFC/m<sup>3</sup>)



**Figura 41.** Autoclave para dilución de Agar y esterilización de materiales



**Figura 42.** Añadiendo los medios enriquecidos en placas



**Figura 43.** Siembra de inóculos del muestreo en las placas con medios enriquecidos



**Figura 44.** Medios enriquecidos sembrados con las muestras recolectadas



**Figura 45.** Incubación de Bacterias a una temperatura de 37°C



**Figura 46.** Incubación de Fungi a Temperatura ambiente



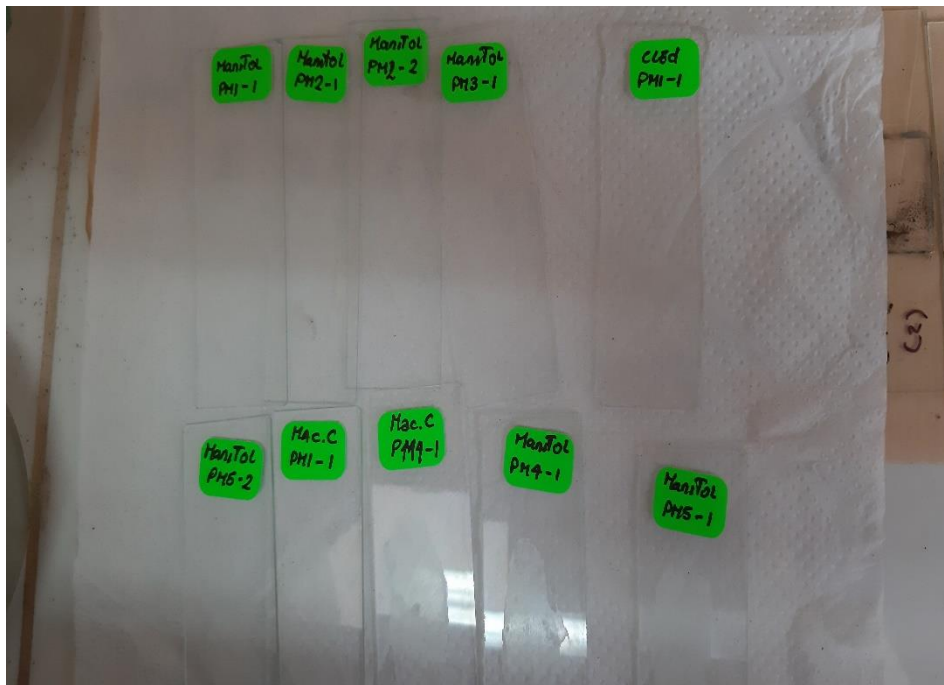
**Figura 47.** Siembra en medios para Diferenciación Bioquímica



**Figura 48.** Tubos de ensayo con medios de diferenciación Bioquímica con muestras inoculadas



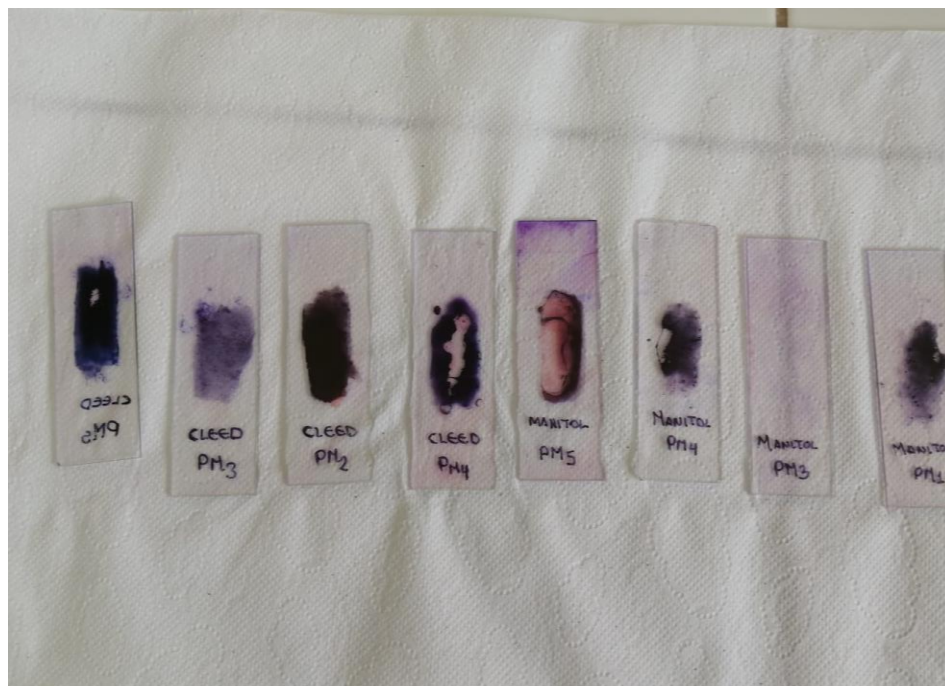
**Figura 49.** Reactivos para la Diferenciación Bioquímica



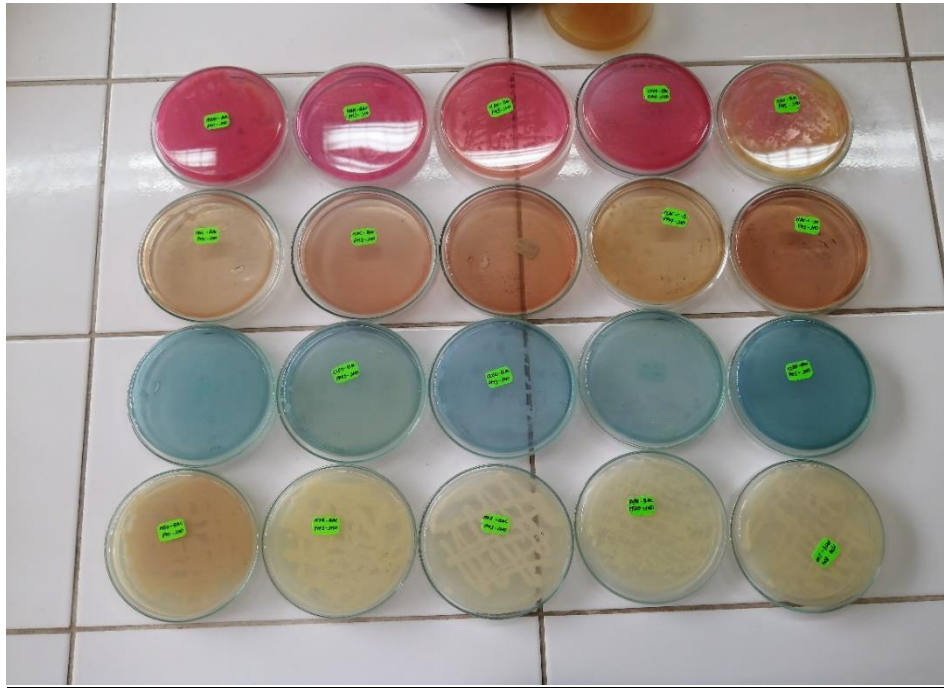
**Figura 50.** Muestras fijadas para realizar la coloración Gram



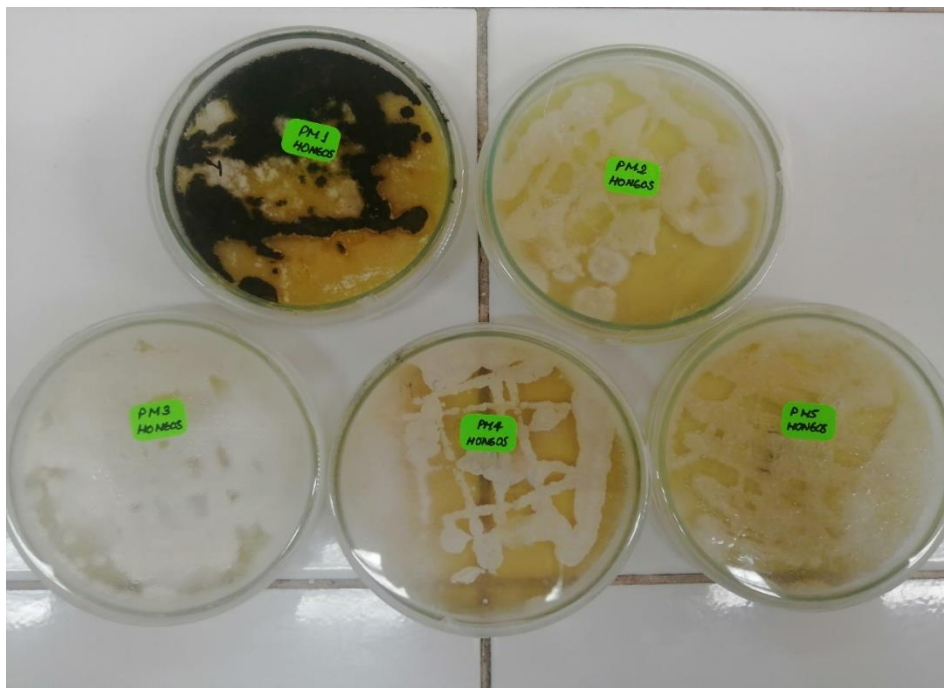
**Figura 51.** Coloración de bacterias Gram positivas y negativas



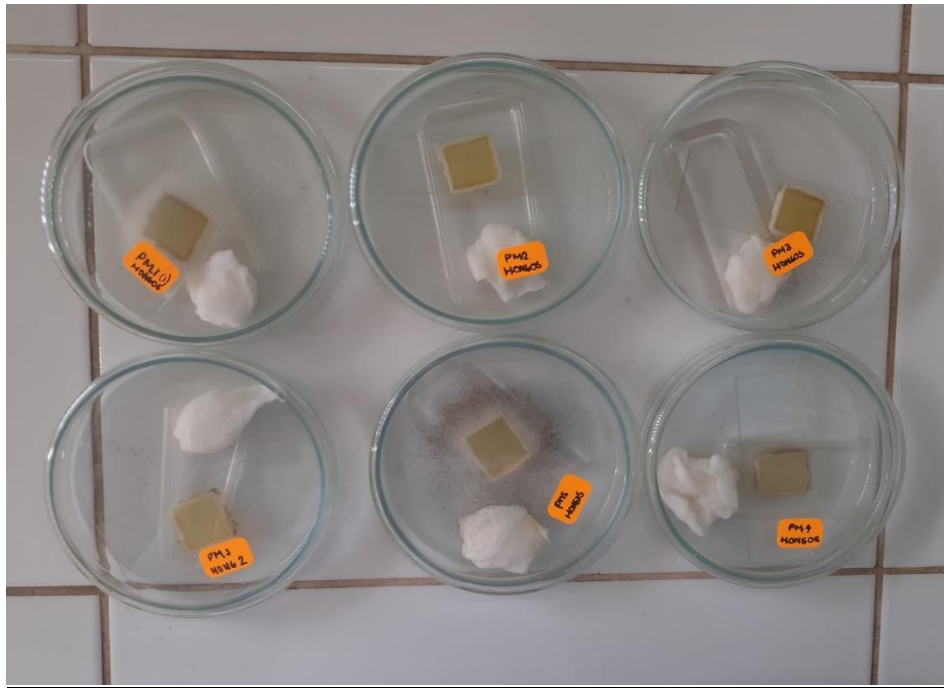
**Figura 52.** Muestras fijadas después de realizar la Coloración Gram



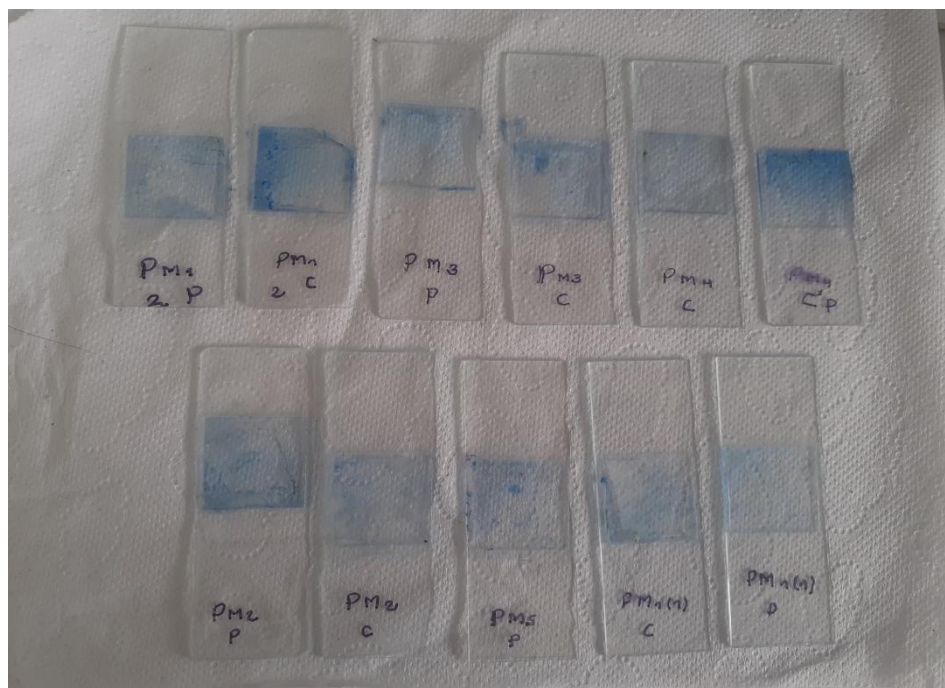
**Figura 53.** Bacterias incubadas en Medios enriquecidos



**Figura 54.** Colonias de Fungis incubados a Temperatura ambiente



**Figura 55.** Microcultivo Fungi de los puntos de muestreo



**Figura 56.** Muestras fijadas del Microcultivo Fungi con azul de AMMANN



**Figura 57.** Observación en Microscopio de Bacterias y Fungi.