

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



CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AIRE POR
BACTERIAS Y FUNGI EN EL DISTRITO DE CASTILLO GRANDE-
LEONCIO PRADO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

JESÚS GINO ADVÍNCULA FALCÓN

Tingo María – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 016-2020-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de noviembre de 2018, a horas 10:00 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“CONTAMINACIÓN MICROBIOLOGÍA DEL AIRE POR BACTERIAS Y FUNGI EN EL DISTRITO DE CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO”

Presentado por la Bachiller: **ADVÍNCULA FALCON, Jesús Gino**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

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

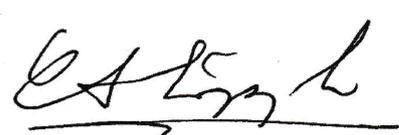
Tingo María, 27 de noviembre de 2020


Blgo. MARIELA MORILLO ALVA
PRESIDENTE


Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
MIEMBRO


Ing. MSc. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
MIEMBRO




Blgo. CESAR A. GOZME SULCA
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por guiarme, protegerme y acompañarme a lo largo de mi vida, por bendecirme de tantas maneras y permitirme culminar esta etapa de formación profesional.

A mis padres Fortunato Advíncula y Pelagia Falcón, por ser mi fortaleza y motivación para seguir adelante, por brindarme su amor infinito, confianza, apoyo incondicional, y sus mejores consejos en cada paso de mi vida.

A mis hermanas, Cinthya y Alison por su compañía y ánimos en esta etapa profesional. A mi sobrina Ana Valentina

A una magnífica persona Yulissa Pasache, por su amor y por ser tan especial conmigo.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables y plana docente, por contribuir en mi formación profesional.

Al Dr. MSc. Mtblgo. César Samuel López López, por su orientación y confianza que me brindó en el desarrollo del presente trabajo de investigación, así como en mi formación profesional.

Al Ing. Richard Sias Rodríguez, por su amistad y apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Blgo. Cesar Gozme Sulca, por su amistad y colaboración para poder realizar el presente trabajo.

A mi prima Milagros Yolanda Romero por ser como una hermana para mí y a mi cuñado Omar Marín, por su apoyo incondicional en cada momento.

A mis amigos (as), Junnior Namuche, Freddy Guardián, Magdalena Castro, Daniel Luna, Jhonatan Ríos, Jean Pozis, Piero Quiroz, Kevin Tello, Arturo Gonzales, Renzo Fernández, Luis Vázquez y demás colegas por su apoyo, compañía y amistad.

Gracias a todas las personas que aportaron directa e indirectamente en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1.Objetivo General.....	2
1.1.2.Objetivos específicos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Calidad del aire.....	4
2.2. Contaminación del aire.....	4
2.2.1.Contaminantes Biológicos.....	4
2.3. Microorganismos.....	6
2.3.1.Microorganismos presentes en el aire.....	6
2.3.2.Permanencia de microorganismos en el aire.....	7
2.3.3.Supervivencia de microorganismos en el aire.....	7
2.4. Factores ambientales que influyen en el desarrollo de microorganismos... 11	
2.4.1.Factores nutricionales.....	11
2.4.2.Humedad relativa.....	12
2.4.3.Temperatura.....	13
2.4.4.Oxígeno.....	14
2.4.5.Velocidad y dirección del viento.....	14
2.4.6.Polvo.....	15
2.5. Contaminación bacteriana y fúngica.....	15
2.5.1.Bacterias.....	15
2.5.2.Géneros bacterianos aislados en el aire.....	16

2.5.3.Fungi.....	20
2.5.4.Géneros fungi aislados en el aire	21
2.6. Patogenicidad de microorganismos.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Lugar de estudio.....	27
3.2. Lugar de procesamiento de muestras	28
3.3. Aspectos ambientales.....	28
3.3.1.Temperatura	28
3.3.2.Precipitación	28
3.3.3.Humedad Relativa	29
3.4. Materiales y equipos.....	29
3.4.1.Materiales de campo	29
3.4.2.Materiales de laboratorio	29
3.4.3.Medios de cultivo	29
3.4.4.Reactivos	30
3.4.5.Equipos.....	30
3.5. Métodos.....	30
3.5.1.Reconocimiento del área de estudio y determinación de zonas de muestreo.....	30
3.5.2.Muestreos.....	32
3.5.3.Preparación de medios para muestreos	32
3.5.4.Determinación de parámetros físicos	32
3.5.5.Elaboración de rosa de vientos.....	32
3.5.6.Toma de muestras.....	33

3.5.7.Enumeración de microorganismos aerobios viables totales (NMAV) por el método de recuento en placas.....	33
3.5.8.Determinación de bacterias del aire	35
3.5.9.Determinación de géneros fungi del aire	38
3.6. Diseño de la investigación	40
IV. RESULTADOS	41
4.1. Parámetros físicos del distrito de Castillo Grande	41
4.1.1.Temperatura	41
4.1.2.Humedad Relativa	43
4.1.3.Rosa de vientos	44
4.2. Numero de microorganismos encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande.....	46
4.2.1.Número de microorganismos aerobios viables totales por centímetro cubico de aire (NMAV/cm ³ de aire).....	46
4.2.2.Relación de la temperatura y humedad relativa con el Número de microorganismos aerobios viables totales (NMAV/cm ³) encontrados en el distrito de Castillo Grande	49
4.3. Microorganismos encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande..	51
4.3.1.Especies de bacterias encontradas en el aire del Distrito de Castillo Grande.....	51
4.3.2.Géneros fungi encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande	53
4.4. Patogenicidad de los microorganismos encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande	55

V. DISCUSIÓN.....	65
VI. CONCLUSIÓN.....	72
VII. RECOMENDACIONES.....	74
VIII. ABSTRACT.....	75
IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.....	77
ANEXO	86
ANEXO A. CUADROS COMPLEMENTARIOS.....	87
Cuadro 12.Hora de medición de parámetros físicos.....	87
Cuadro 13.Tabla de pruebas bioquímicas	91
ANEXO B. Flujograma de procesos.....	96
ANEXO C. Lugar de análisis, materiales, equipos empleados, puntos de muestreo.....	97
ANEXO D. Especies y Géneros identificados	116
ANEXO E. Posibles fuentes de contaminación microbiana	126
ANEXO F: Plano de ubicación del proyecto.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Mapa político del Distrito de Castillo Grande.....	27
2. Cálculo del número de microorganismos por el método de diluciones seriadas.....	34
3. Diseño de la investigación.....	40
4. Temperatura promedio del medio aéreo en los puntos de estudio.....	42
5. Humedad relativa promedio del medio aéreo.....	44
6. Rosa de viento para junio de 2017.....	45
7. Rosa de viento para julio de 2017.....	45
8. Rosa de viento para agosto del 2017.....	46
9. Número de microorganismos aerobios viables totales por cm ³ de aire promedio en los siete puntos de muestreo del Distrito de Castillo Grande.....	48
10. Relación entre la temperatura y NMAV/cm ³ de aire del distrito de Castillo Grande.....	50
11. Relación entre el porcentaje de humedad relativa y NMAV/cm ³ de aire del distrito de Castillo Grande.....	50
12. Predominancia de las especies bacterianas identificadas en los puntos muestreados del distrito de Castillo Grande.....	53
13. Predominancia de los géneros fungi hallados en los puntos muestreados del distrito de castillo grande.....	55
14. Cuadro de velocidades y dirección de viento para el mes de Junio del 2017.....	88

15. Cuadro de velocidades y dirección de viento para el mes de Julio del 2017	89
16. Cuadro de velocidades y dirección de viento para el mes de agosto del 2017	90
17. Flujograma de procesos para identificación de bacterias y hongos en el aire por Método IMPINGER modificado (LOPEZ, 2010).....	96
18. Laboratorio de Microbiología General.....	97
19. Preparación de los medios de cultivo para la determinación de bacterias y fungi en el aire.	97
20. Punto 1, Avenida A. Quiñones Cdra. 1	98
21. Punto 2, Avenida San Martín Cdra. 5	98
22. Punto 3, Avenida José C. Mariátegui Cdra. 4.....	99
23. Punto 4, Avenida Unión Cdra. 7.	99
24. Punto 5, Avenida Unión Cdra. 12.	100
25. Punto 6, Avenida Unión Cdra. 15.	100
26. Punto 7, Avenida Unión Cdra. 17.	101
27. Muestreo de Humedad relativa y de la temperatura.	101
28. Determinación de la Humedad relativa y temperatura.....	102
29. Toma de muestras de aire en los puntos de muestreo.....	102
30. Siembra para el recuento de microorganismos.	103
31. Enumeración (recuento) de microorganismo.....	103
32. Medios enriquecedores (Agar).....	104
33. Lectura de placas (M77, Manitol salado, Mc Konkey, Cled y Plate count)	104

34.	Crecimiento de bacterias en los medios enriquecedores.	105
35.	Colonia de <i>Bacillus sp.</i> En medio Cleed del punto 7.	105
36.	Colonias de <i>Staphylococcus aureus</i> (A) y <i>Staphylococcus epidermidis</i> (B), en medio Manitol salado.....	106
37.	Colonia de <i>Pantoea agglomerans</i> en medio M77 del punto 6.	106
38.	Colonia de <i>Enterobacter aerogenes</i> en medio Cleed del punto 2.	107
39.	Colonia de <i>Enterobacter cloacae</i> en el medio Mc Conkey del punto 7..	107
40.	Sembrío de bacterias en medios de cultivo para pruebas bioquímicas.	108
41.	Reactivos para la prueba de IMVIC.	108
42.	Prueba de IMVIC.	109
43.	Reacciones en medio TSI.....	109
44.	Reacciones en medio LIA.....	110
45.	Reacciones en el medio UREA.....	110
46.	Reacciones en el medio CITRATO.....	111
47.	Reacciones en el medio MALONATO.	111
48.	Reacciones en el medio MALONATO.	112
49.	Colonias del género <i>Aspergillus</i>	112
50.	Colonias de <i>Geotrichum</i> (1), <i>Fusarium</i> (2) y <i>Blastomyces</i> (3).	113
51.	Colonia de <i>Geotrichum</i>	113
52.	Colonias de <i>Penicillium</i> (A) y <i>Botrytis</i> (B).	114
53.	Microcultivo de colonias fungi enumeradas para su identificación.....	114
54.	Tinción de Fungi con azul de lactofenol para su identificación en microscopio.....	115
55.	<i>Enterobacter agglomerans</i>	116

56.	<i>Enterobacter aerogenes</i> .	116
57.	<i>Proteus sp.</i>	117
58.	<i>Bacillus sp.</i>	117
59.	<i>Enterobacter sp.</i>	118
60.	<i>Staphylococcus epidermidis</i> .	118
61.	<i>Staphylococcus aureus</i> .	119
62.	<i>Clostridium sp.</i>	119
63.	<i>Lactobacillus sp.</i>	120
64.	<i>Klebsiella pneumoniae</i> .	120
65.	<i>Salmonella sp.</i>	121
66.	<i>Geotrichum sp.</i>	121
67.	<i>Aspergillus sp.</i>	122
68.	<i>Fusarium sp.</i>	122
69.	<i>Cándida sp.</i>	123
70.	<i>Blastomyces sp.</i>	123
71.	<i>Penicillium sp.</i>	124
72.	<i>Botrytis sp.</i>	124
73.	<i>Monosporium sp.</i>	125
74.	<i>Rhizopus sp.</i>	125
75.	Cunetas empozadas y expuestas en los puntos 4 y 1	126
76.	Cunetas empozadas y expuestas circundante en los expendios de comida ubicada en el Punto 5.	126
77.	Drenajes expuestos en los puntos 5 y 4.	127
78.	Residuos sólidos orgánicos expuestos en el punto 3	127

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Tiempo de supervivencia de algunas bacterias y arqueas en atmosfera seca.....	9
2. Ubicación geográfica y referencia de los puntos de muestreo realizados en el Distrito de Castillo Grande.	31
3. Temperaturas (°C) de la primera, segunda y tercera repetición en los puntos de muestreo en los meses junio, julio y agosto del 2017.....	41
4. Humedad relativa (%) de la primera, segunda y tercera repetición en los puntos de muestreo en los meses junio, julio y agosto del 2017.	43
5. Numero de microorganismos aeróbicos viables (NMAV/cm ³) de la primera, segunda y tercera repetición en los puntos de muestreo en los meses junio, julio y agosto del 2017.....	47
6. Estadísticos descriptivos por zonas (puntos de muestreo) para los valores de número de microorganismos aerobios viables totales.	49
7. Cuadro resumen de especies identificadas de bacterias presentes en el aire del distrito de Castillo Grande por punto de muestreo.....	51
8. Cuadro resumen de géneros identificados de fungi presentes en el aire del distrito de Castillo Grande por punto de muestreo.....	54
9. Cuadro resumen de las especies identificadas de Bacterias halladas en el aire del distrito de Castillo Grande y la patogenia que presentan.....	56
10. Cuadro resumen de los géneros de fungi encontradas en el aire del distrito de Castillo Grande y la patogenia que presentan.....	59

11. Cuadro de caracterización de puntos de muestreo y medidas de mitigación	61
12. Hora de medición de parámetros físicos.	87
13. Tabla de pruebas bioquímicas	91
14. Incidencia de bacterias en los puntos de muestreo durante las tres repeticiones.	92
15. Especies de Bacterias identificadas por medio de cultivo en el mes de junio.	93
16. Especies de Bacterias identificadas por medio de cultivo en el mes de Julio.	94
17. Especies de Bacterias identificadas por medio de cultivo en el mes de agosto.	95

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar la contaminación microbiológica del aire por bacterias y fungi en el distrito de Castillo Grande mediante la identificación de especies o géneros de microorganismos patógenos y cuantificar el número de microorganismos aerobios viables totales por centímetro cubico de aire (NMAV/cm³) con su relación con la temperatura y la humedad relativa, para lo cual se determinaron 7 puntos de muestreo los cuales se escogieron de acuerdo a la mayor concurrencia de personas y vehículos; además se identificó el horario en que se dio. Para el muestreo de aire se utilizó el método IMPHINGER y el análisis de muestras de aire se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva durante los meses de junio, julio y agosto del 2017. El punto de muestreo donde se registró el mayor número de microorganismos aeróbicos viables fue en la av. San Martin cdra. 5 con 470×10^3 NMAV/cm³ y el menor número de microorganismos aeróbicos viables se registró en la av. Unión cdra. 7 con 107×10^3 NMAV/cm³

Las especies de bacterias encontradas fueron trece: *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus sp.*, *Enterobacter hofniae*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella sp.* De las cuales, doce son patógenas predominado en cantidad *Pantoea agglomerans*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus sp.*,

Staphylococcus epidermidis y *Staphylococcus aureus*. Los nueve géneros de fungi identificados son patógenos: *Geotrichum sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Candida sp.*, *Blastomyces sp.*, *Penicillium sp.*, *Botrytis sp.*, *Monosporium sp.* y *Rhizopus sp.* de los cuales *Geotrichum sp.* y *Fusarium sp.* están en mayor número. La presencia de estas especies y géneros indica que existe una contaminación microbiológica del aire en el distrito de Castillo Grande.

Se propuso algunas medidas de mitigación para los lugares en los que se detectó contaminación: monitoreo y vigilancia de fuentes móviles y fijas que generan contaminación del medio aéreo por microorganismos; vigilar y controlar establecimientos que expenden comidas y orientarlas en medidas de higiene y sanidad; implementar contenedores para residuos sólidos y evitar así que estén expuesto al ambiente, a animales domésticos circundantes y al mismo tiempo mitigar malos olores; mejorar cunetas y drenajes; propiciar la gestión de las instituciones idóneas a nivel distrital y/o local para efectuar intervenciones que corrijan las faltas y/o delitos ambientales en los que incurran.

I. INTRODUCCIÓN

Según PATHIRANE, (1975), “la atmósfera no tiene un microbioma autóctono, pero es un recurso para la difusión de muchos tipos de microorganismos como bacterias, esporas, virus y fungi que provienen de distintos lugares. Muchos han formado adaptaciones que les ha ayudado a desarrollar su supervivencia y preservación. Los microorganismos esparcidos por el medio aéreo poseen gran relevancia biológica y económica puesto que ocasionan afecciones en seres humanos, animales y plantas, generan alteración de compuestos orgánicos y de alimentos. También cooperan a la degradación y corrosión de metales y monumentos”.

MÉNDEZ, (2015) menciona que “el aire no tiene su propio microbioma, pero se sabe que dichos microorganismos han desarrollado estructuras específicas que les ha ayudado a tolerar y sobrevivir en el aire. Están calificados para esparcirse en lugares cerrados y abiertos con la ayuda de las corrientes del medio aéreo, estas corrientes asumen recolectar los microorganismos propios de otros hábitats naturales como el agua, suelo, los vegetales y el propio microbioma del hombre. De igual modo, ciertas actividades sociales, económicas, de producción y de circulación vial han ayudado a la elaboración de desechos químicos, físicos y biológicos, emanando partículas en

suspensión los cuales contribuyen al esparcimiento, difusión y camuflaje de los microorganismos”.

El nivel de contaminación microbiológico del medio aéreo está condicionado por ciertos parámetros como la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, cantidad de habitantes y la clase de tareas que desarrollan los seres en su entorno (DE LA ROSA, 2002).

El distrito de Castillo Grande de la provincia de Leoncio Prado tiene distintos lugares en donde circula y se concentra un gran número de población debido al comercio y al turismo los cuales se ven afectadas por una cierta densidad de microorganismos en el aire, más aún por la adecuada temperatura y humedad del distrito, causando negativas consecuencias en el perfil epidemiológico de la comunidad. Por ello la presente investigación tiene como finalidad determinar la contaminación microbiológica a través de la identificación de microorganismos patógenos presentes en el aire del Distrito de Castillo Grande.

Como interrogante se plantea ¿Existe contaminación microbiana de bacterias y fungi en el aire del Distrito de Castillo Grande?

Se plantea como hipótesis, existe una contaminación del aire por bacterias y fungi en el distrito de Castillo Grande.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Determinar la contaminación microbiológica del aire por bacterias y fungi en el distrito de Castillo Grande.

1.1.2. Objetivos específicos

- 1.- Determinar la Temperatura y Humedad Relativa en el medio aéreo de los puntos en estudio y dirección del viento en el Distrito de Castillo Grande.
- 2.- Cuantificar el número de microorganismos aerobios viables totales por centímetro cubico de aire (NMAV/cm³) del Distrito de Castillo Grande
- 3.- Aislar y determinar las especies de bacterias y géneros fungi del aire de los puntos elegidos para muestreo en el distrito de Castillo Grande
- 4.- Determinar la presencia de bacterias y fungi patógenos en el aire del Distrito de Catillo Grande.
- 5.- Proponer medidas de mitigación en los puntos donde se encontraron microorganismos patógenos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Calidad del aire

Según VARGAS (2011), “La calidad está definida por sus componentes. La escasez o la abundancia de algunos elementos y sus densidades son principalmente las causas que determinan la calidad del aire. Por lo tanto, dicho estándar de calidad se representa a través de la densidad o magnitud de sus contaminantes, su aspecto físico y la presencia de microorganismos.”

2.2. Contaminación del aire

De acuerdo con VAQUERO DE LA HOZ, (2011), “Se dice contaminante a todo elemento que se encuentra en el entorno del ecosistema que ocasiona o puede ocasionar consecuencias no deseables al bienestar y a la salud humana. En este sentido se comprende varias clases de elementos contaminantes perjudiciales: químicos, físicos, y biológicos.”

2.2.1. Contaminantes Biológicos

En el medio aéreo la contaminación microbiológica está formada por “los microorganismos tales como son las bacterias, virus y fungi cuya difusión propicia el riesgo a cuadros infecciosos. Las bacterias, para subsistir necesitan

de condiciones específicas de temperatura, pH y la presencia de nutrientes para su proliferación y desarrollo. Los fungi que provienen del suelo y de nichos cercanos de las aves. Ciertos microorganismos crean toxinas: endotoxinas de las bacterias y micotoxinas de los fungi. Algunos elementos infecciosos se propagan entre las mismas personas, resultando los sistemas de ventilación favorecedores para su propagación (tuberculosis, infección gripal y resfrió). Las enfermedades infecciosas producidas por el medio aéreo se propagan óptimamente en áreas cerradas ya que la cantidad de aire en que se diluyen es mínima y porque los individuos pasan mayor tiempo de exposición en dichos tipos de ambientes” (VAQUERO DE LA HOZ, 2011).

Cabe mencionar que “los aero-alérgenos son antígenos, dicho nombre corresponde a todo elemento calificado de crear una acción patológica una vez dentro del organismo del huésped a través de su sistema inmunológico. Lo que desarrollan son manifestaciones de tipo alérgicas. Frecuentemente son llevados por el aire provenientes de corrientes externas, inclusive se sostienen interiormente por su misma circulación. Los más conocidos alérgenos son: microorganismos (bacterias y fungi), los protozoos y otros parásitos, así como una variedad de contaminantes de tipo biológico. Se hallan por procesos condensados ocasionados por los sistemas de aireación, calefacción, ventilación, de aire acondicionado, térmicos. Además, en superficies húmedas, permeables, porosos, vegetales, excretas de animales y residuos orgánicos” (VAQUERO DE LA HOZ, 2011).

2.3. Microorganismos

Para CARRILLO (2003), “Subsisten muchos tipos de microorganismos: levaduras, mohos, actinomicetos, bacterias, protozoos, virus y algas”; PASTOR (2010) manifiesta que estos han logrado desarrollar “una notable cualidad de supervivencia que los ha llevado a conquistar casi cualquier lugar del ecosistema del planeta”, pero DE LA ROSA (2002), menciona que la cantidad de microorganismos en lugares poblados es superior.

2.3.1. Microorganismos presentes en el aire

Los microorganismos hallados en el medio aéreo se estudian mediante la ciencia denominada “Aerobiología” sobre la cual, DE LA ROSA (2002). Menciona que “la Aerobiología es una ciencia multidisciplinar, cuyo campo de estudio son los microorganismos del medio aéreo desde todas sus dimensiones, comportamiento, desplazamiento y supervivencia, así como sus interacciones con los demás microorganismos, con el ser humano, animales y plantas”.

ATLAS, (2002) Menciona que “el desplazamiento en el medio aéreo es la principal fuente de difusión de los microorganismos. Muchos han desarrollado adaptaciones específicas que propician su esparcimiento y supervivencia dentro del ecosistema. Ciertas afecciones virales, fúngicas y bacteriológicas se esparcen en medio de la atmosfera, y los brotes de los cuadros infecciosos generados por dichos microorganismos a menudo han recorrido el sentido de los vientos preponderantes”.

PASTOR (2010) menciona que “los microorganismos esparcidos por el medio aéreo tienen una gran relevancia biológica y económica porque ocasionan enfermedades en los animales, la vegetación y al ser humano, contribuyendo también al desgaste y deterioro de metales y monumentos estructurales. La difusión se efectúa sobre material particulado, pedazos de hojarasca, filamentos de ropa, en gotas de lluvia, en gotas de fluidos o secreciones expulsadas al estornudar, toser o charlar. La cantidad de microorganismos del aire de un determinado lugar está sujeto a las actividades desarrolladas tanto agrario o industrial que se realizan, la concurrencia de seres vivos y material particulado existente”.

2.3.2. Permanencia de microorganismos en el aire

DE LA ROSA, (2002) menciona que “la estancia de los microorganismos en el medio aéreo está sujeto al peso y dimensión del microorganismo. también de la existencia e intensidad de los flujos de aire que los mantenga y los ascienda. Son factores desfavorables los obstáculos puesto que se oponen a las corrientes de aire reduciendo su velocidad y su fuerza de arrastre, y las partículas en suspensión que son desplazadas hacia el suelo por efecto de las lluvias. Cuando el aire está en calma la gravedad facilita la precipitación de los microorganismos”.

2.3.3. Supervivencia de microorganismos en el aire

DE LA ROSA (2002) establece que “las propiedades químicas y físicas de la atmósfera no aseguran el desarrollo ni la sobrevivencia de los microorganismos por lo que la gran parte de ellos solo pueden subsistir un

momentáneo período de tiempo en la atmosfera. Los tipos de vida con mejor capacidad de supervivencia en la atmósfera son las esporas ya que poseen varios atributos que facilitan su capacidad para sobrevivir, especialmente su reducido metabolismo ya que no exigen nutrientes del exterior ni agua para persistir durante largos lapsos de tiempo”.

“La supervivencia es cambiante en las bacterias, gracias a su variedad metabólica y fisiológica. Las bacterias Gram positivas resisten más que las Gram negativas dado que el grosor de su pared celular es mayor. Ejemplo, en aires secos ciertos géneros de *Clostridium* y *Bacillus* pueden subsistir cerca de 200 años, *Mycobacterium* un mes y *Salmonella* diez minutos”. “Los mayores agentes que influyen son la temperatura, humedad relativa, masa orgánica, oxígeno y radiación” (Potts, 1994; citado por DE LA ROSA., 2002).

La capacidad de formar esporas y volverse células microbianas vegetativas asegura el aerotransporte y por consiguiente su subsistencia (Stetzenbach *et al.*, 1997 citado por ATLAS y BARTHA, 2002).

ATLAS y BARTHA, (2002); mencionan que: “Los microorganismos sostienen un reducido desplazamiento de unos pocos milímetros en torno al ambiente, sin embargo, escasos microorganismos resisten el traslado a extensos recorridos debido a la desecación que conlleva a la privación de su supervivencia, especialmente ocurre durante el día en las capas bajas. Pero de ciertos microorganismos se piensa que dominan adaptaciones las cuales facilitan la prolongada exposición a las severas circunstancias de desecación”

También nos mencionan que: “La exposición a radiación de onda corta, como la luz ultravioleta, es motivo de pérdida de viabilidad de los

microorganismos en el ecosistema. Los microorganismos que son trasladados dentro de partículas de polvo, consiguen tener protección contra los efectos dañinos de la radiación UV. Ciertos microorganismos se defienden mediante pigmentos. Cuando se someten a la luz UV, los fungi y bacterias pigmentadas padecen menos daños que las especies desprovistos de pigmento. En el siguiente cuadro se muestra los tiempos de supervivencia de ciertos fungi y bacterias en ambiente seco”.

Cuadro 1. Tiempo de supervivencia de algunas bacterias y arqueas en atmosfera seca

Tiempo de supervivencia	Organismo
10 ⁶ años	Corineformes, bacilos Gram positivos no formadores de esporas, cocos
10 ⁴ - 10 ⁵ años	Cocos, actinomicetos, bacilos Gram negativos, bacterias formadoras de esporas
10 ³ años	<i>Gloeocapsa</i> , <i>Hormathonema</i> - <i>Gloeocapsa</i> , <i>Chroococciopsis</i>
200 años	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Clostridium sp.</i>
15 años	<i>Thermoplasma acidophilum</i>
3 años	<i>Listeria monocytogenes</i>

0.6 - 1.5 años	<i>Nocardia asteroides</i>
1.1 años	<i>Haloarcula sp., Halobacterium sp., Sulfolobus sp., Halococcus sp., Haloferax sp.</i>
120 - 200 años	<i>Streptococcus pyogenes, Mycoplasma mycoides, Corynebacterium diphtheriae, Staphylococcus aureus, Brucella suis, Francisella tularensis</i>
60 días	<i>Mycobacterium avium</i>
40 - 50 días	<i>Coxiella burnetii</i>
12 - 40 días	<i>Campylobacter fetus, Yersinia pseudotuberculosis, Pasteurella multocida, Proteus morganii</i>
3.8 - 10 días	<i>Serratia marcescens, Mycobacterium tuberculosis, Mycoplasma agalactiae, Moraxella bovis</i>
12 a 48 horas	<i>Streptococcus salivarius, Cowdria ruminantium, Eperythrozoon coccoides, Neisseria gonorrhoeae, Pasteurella multocida, Escherichia coli</i>
2 - 4 horas	<i>Klesiella pneumoniae, Neisseria meningitidis</i>
18 - 40 minutos	<i>Treponema pallidum, Leptospira interrogans</i>
6 - 10 minutos	<i>Salmonella typhi</i>
2 - 6 minutos	<i>Vibrio cholerae</i>

2.4. Factores ambientales que influyen en el desarrollo de microorganismos

De acuerdo con LLOP, (2001) “el desarrollo microbiológico estaría influenciado por una cantidad de causantes físicos como nutricionales. Los causantes físicos lo forman: humedad, temperatura, luminosidad, oxígeno, material particulado”. “Pero principalmente lo que determina que unas bacterias o fungi se preserven en el ecosistema es la proporción del elemento agua aprovechable que pueda existir” (MISHALSKI, 1985).

BOVALLIUS, (1978) menciona que “en lugares de clima seco, el aire abarca abundantes microorganismos y la cantidad menora después de las precipitaciones ya que estas los arrastra por lavado del aire. Hay cambios estacionales en la cantidad de microorganismos en el aire. Los fungi son más numerosos en estaciones de verano, mientras que las bacterias son más numerosas en estaciones de otoño y primavera debido a múltiples elementos que intervienen como la humedad relativa, temperatura del medio aéreo y exposición a la radiación solar, etc.”

2.4.1. Factores nutricionales

“La mayoría de los microorganismos de vida libre crecen bien en extracto de lavaduras, mientras que las formas parasitas pueden requerir sustancias especiales que se encuentran únicamente en la sangre o en extracto de tejidos animales. Para muchos organismos, un solo compuesto (como un aminoácido) puede servir como fuente de energía, de carbono y de nitrógeno; otros requieren un compuesto diferente para cada una de ellas” (LLOP, 2001).

2.4.2. Humedad relativa

Según DE LA ROSA (2002), “es un factor clave la humedad relativa. En el momento que la humedad relativa del medio aéreo decae, se minoriza el agua utilizable para los microorganismos ocasionando deshidratación y en consecuencia la inhabilitación de numerosos microorganismos. A lo largo del día en especial, la desecación comúnmente ocasiona una carencia de viabilidad en las capas más bajas de la atmósfera. A grandes niveles de altitud, son más propicios las condiciones por la evaporación y ciertas esporas consiguen brotar en las nubes. En las zonas desérticas la humedad relativa de la atmósfera circula entre los 10 a 20 por ciento. El valor mínimo para el desarrollo de los fungi es del 65 por ciento, mientras que la flora bacteriana demanda una mayor humedad”.

Otro autor que enfatiza la importancia de la humedad relativa es CRUZ, (2006), quien menciona que existe una relación entre la temperatura y la facultad del aire para contener humedad, donde sí “la facultad que tiene el medio aéreo para captar y aspirar vapor de agua se incrementa, se acrecienta la temperatura”; entre tanto la humedad relativa decrece cuando la temperatura se incrementa. Para el desarrollo de los microorganismos la humedad relativa es un factor fundamental. Cuando dicho factor se halla en un promedio del 50 por ciento, la atmósfera no abarca el vapor de agua que se requiere para su adecuado crecimiento, produciendo la disminución de su concentración en el medio aéreo. Por otro lado, al manifestarse una mínima humedad relativa, hay potenciales efectos adversos a presentarse en la salud humana, provocando que las fosas nasales y faringe se sequen, lo que facilitaría estar más vulnerables frente a los agentes patógenos que están inmersos en el medio aéreo.

Existe una correlación entre la humedad y la temperatura. SENAMHI (2008), establece que “dado que la humedad relativa de una masa de aire varía cuando cambia la temperatura, se puede decir que, en general. La humedad relativa tiende a ser más baja a primeras horas de la tarde, y más alta por la noche, especialmente a primeras horas de la mañana, cuando se alcanza la temperatura mínima”.

2.4.3. Temperatura

Según MOHR, (1997), “la temperatura es fuertemente asociada con la humedad relativa, en consiguiente a ello es dificultoso distinguir los impactos que uno y otro ocasionan. La temperatura en la troposfera varía de 40° C cerca de la superficie, a 80° C en las capas altas. La congelación no aniquila a los microorganismos, sin embargo, hace que no puedan aumentar. Distintas investigaciones señalan que la probabilidad de vida de los microorganismos va disminuyendo al incremento de la temperatura”.

BARREIRO y SANDOVAL (2006) menciona que “depende del grado adecuado de temperatura para el desarrollo e incremento de los microorganismos, éstos se agrupan en hipertermófilos, termófilos, mesófilos y psicrófilos; los termófilos se desarrollan adecuadamente entre temperaturas elevadas (45 – 55 °C), los mesófilos requieren temperaturas adecuadas de desarrollo generalmente entre 20 y 45 °C; precisamente porque la temperatura en el cuerpo del hombre es de 37 °C y se encuentran dentro de este rango, muchos de los microorganismos dañinos para el ser humano son de esta clase. Los psicrófilos se desarrollan normalmente a temperaturas mínimas (10 - 20 °C)”

2.4.4. Oxígeno

Según DE LA ROSA (2002), “se ha contemplado una correlación entre la concentración de oxígeno y la viabilidad, la cual es negativa y que incrementa con la deshidratación y el tiempo de exposición. El motivo de la inactivación puede ser los radicales libres de oxígeno”.

2.4.5. Velocidad y dirección del viento

DE La ROSA, (2002) menciona que “el viento es una masa de aire que puede presentar movimientos verticales de ascenso o descenso (convección) o en sentido horizontal (advección). Estos movimientos se dan gracias al calentamiento solar, que generan gradientes de presión horizontal creando movimientos en las masas de aire. En cuanto a la velocidad del viento se puede afirmar que los vientos presentan una variación cíclica, donde se presenta la máxima intensidad durante el día, generado por el calentamiento desigual de la superficie, provocando movimientos convectivos y advectivos de las masas de aire; mientras que en las noches se disminuye la intensidad debido al asentamiento de las partículas, lo que genera una reducción en la velocidad”.

Por otra parte, FON, (1991) menciona que “la velocidad del viento es un factor determinante en la concentración de los contaminantes y los microorganismos; presentando una relación inversa con la velocidad del viento, es decir que en presencia de velocidades de viento muy bajas y condiciones atmosféricas estables se impiden la dispersión de los contaminantes, aumentando así su concentración; en condiciones turbulentas y de fuertes

corrientes verticales, favorecen la dispersión de los contaminantes disminuyendo de esta manera los efectos adversos que puedan tener en la salud”.

2.4.6. Polvo

Según HERRERA, (2009), “entre los elementos que componen la atmósfera tenemos el polvo, que es un factor tóxico en la misma, ya que está siempre cargado de esporas de microorganismos y estas constituyen el componente mayoritario. El polvo, que tiene componentes biológicos, se deposita sobre los materiales por diferentes vías, siendo una vía de infección cuando las condiciones atmosféricas sean tales que favorezcan el desarrollo de microorganismos. Además, contiene huevos de insectos, quistes de protozoos y esporas de microorganismos, sales inorgánicas y trazas de las sustancias volátiles orgánicas que llegan con las evaporaciones acuosas a un substrato adecuado y crean las condiciones favorables, permitiendo el desarrollo de microorganismos”.

2.5. Contaminación bacteriana y fúngica

2.5.1. Bacterias

PELCZAR, (1993), las bacterias “son microorganismos unicelulares, de cambiante hábitat y diversa fisonomía, ciertas bacterias tienen facultad de formar una cápsula o envoltorio, se aumentan por división, otras pueden crear endosporas que resisten a las circunstancias más difíciles de vida. Para las bacterias aeróbicas el oxígeno es muy necesario y perjudicial para las anaeróbicas que lo reciben de compuestos oxigenados. Tienen la capacidad de

desarrollar afecciones y enfermedades por mecanismos como la producción de sustancias perjudiciales para el ser humano, animales y plantas, por ello necesariamente se debe tener conocimiento de la composición de cada cepa, lo cual permite el reconocimiento y clasificación de bacterias”.

“Las bacterias prosperan con mayor ventaja a temperaturas que oscilan entre 25 y 38°C y 7-8 de pH, aunque ciertas especies soportan temperaturas menores a 0°C, a cambio las termófilas perseveran a más de 45°C. Pueden vivir y crecer con o sin oxígeno” (HERRERA, 2009).

De acuerdo con PELCZAR, (1993), “La diversidad bacteriana se diferencia por su facultad de crear algunas toxinas de origen proteico que son sustancias que causan síntomas o lesiones de su acción característica, al entrar a un huésped vivo. Dichas toxinas consiguen ser expulsadas al medio ambiente, recirculando en el medio aéreo. Entre ellas tenemos a las endotoxinas que mientras el microorganismo esté vivo se mantienen dentro de ellas, actuando cuando es aislado y se libera el contenido celular. Mientras las exotoxinas operan fuera de la célula bacteriana, esparciéndose aceleradamente en el medio”.

2.5.2. Géneros bacterianos aislados en el aire

Según HERRERA, (2009), “los géneros bacterianos hallados en el medio aéreo con regularidad son *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus subtilis* y *Actinomyces* como bacterias Gram positivas que regularmente son asociados a las enfermedades y afecciones de las vías respiratorias. De los géneros que pueden hallarse con menor regularidad están: *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* y *Citrobacter*. como bacterias Gram negativas”.

2.5.2.1. *Staphylococcus*

NICOLLE, (2006) menciona que los *Staphylococcus*, “comprenden microorganismos que están presentes en la mucosa y en la piel de los humanos y de otros mamíferos y aves, incluyendo a 35 especies y 17 subespecies, muchas de las cuales se encuentran en los humanos. Las especies que se asocian con más frecuencia a las enfermedades en humanos son *Staphylococcus aureus* (el miembro más virulento y conocido del género), *Staphylococcus epidermidis* (es asociado con infecciones a pacientes con inmunodeficiencias), *Staphylococcus saprophiticus* (puede causar infecciones en el tracto urinario en las mujeres.) *Staphylococcus capitis*, *Staphylococcus afarensis* y *Staphylococcus haemolyticus*”.

2.5.2.2. Genero *Bacillus*

PALAVECINO, (2001) menciona que los *Bacillus*, “es un género de bacterias en forma de bastón y gram positiva. El género *Bacillus* pertenece a la división *Firmicutes*. Son aerobios estrictos o anaerobios facultativos. En condiciones estresantes forman una endoespora de situación central, que deforma la estructura de la célula. Dicha forma esporulada es resistente a las altas temperaturas y a los desinfectantes químicos corrientes. La mayoría de las especies dan positivo a la prueba de la catalasa y son saprófitas. Viven en el suelo, agua del mar y ríos, aparte de alimentos que contaminan con su presencia. Aunque generalmente son móviles, con flagelos peritricos, algunas especies de interés sanitario (*B. anthracis*, causante del carbunco) son inmóviles. Hay especies productoras de antibióticos. Las especies del género

Bacillus se clasifican en los subgrupos *B. polymyxa*, *B. subtilis* (que incluye a *B. cereus* y *B. licheniformis*), *B. brevis* y *B. anthracis*".

2.5.2.3. Genero *Enterobacter*

Para MANDELL (2006), "las bacterias pertenecientes a este género casualmente pueden causar afecciones e infecciones en huéspedes saludables. Las especies de *E. aerogenes*, *E. cloacae* y *E. sakazakii*, son culpables de vastos cuadros infecciosos desarrollados por este género".

CRUZ (2006), menciona que la "gran mayoría de microorganismos pertenecientes del género *Enterobacter* son oportunistas y tienen la facultad de generar cuadros infecciosos en cualquier zona del organismo habitado más aún si este se encuentra afectado con inmunodeficiencia. Los bacilos entéricos pueden llegar a invadir cualquier parte del organismo y causar infecciones nosocomiales, neumonía, meningitis y diversos trastornos gastrointestinales. Estos microorganismos son sensibles a la desecación, pero pueden sobrevivir durante periodos prolongados si se les proporciona la humedad adecuada".

2.5.2.4. *Salmonella*

Según BARTRAM, (2003) "el género *Salmonella* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Son bacilos gramnegativos móviles que no fermentan la lactosa, aunque la mayoría producen sulfuro de hidrógeno o gas por fermentación de los hidratos de carbono. Inicialmente, se agruparon en más de 2000 especies (serotipos) en función de sus antígenos somáticos (O) y flagelares (H) (esquema de Kauffman-White). Actualmente se considera que

esta clasificación está por debajo del nivel de especie: en realidad sólo hay dos o tres especies (*Salmonella enterica* o *Salmonella choleraesuis*, *Salmonella bongori* y *Salmonella typhi*) y los serotipos se consideran subespecies”.

2.5.2.5. *Staphylococcus aureus*

“*Staphylococcus aureus* es un coco grampositivo, aerobio o anaerobio, inmóvil, no esporulante, con actividad catalasa y coagulasa, que generalmente se dispone en racimos irregulares semejantes a los de uvas. El género *Staphylococcus* contiene al menos quince especies. Además de *S. aureus*, las especies *S. epidermidis* y *S. saprophyticus* también se asocian con enfermedades humanas” (BARTRAM, 2003).

2.5.2.6. *Klebsiella*

También BARTRAM, (2003) menciona que *Klebsiella*, “está compuesto por bacterias gram-negativo de la familia *Enterobacteriaceae*, que desempeñan un importante papel como causa de las enfermedades infecciosas oportunistas, subespecie *ozaenae* y subespecie *rhinoscleromatis* forman parte de los patógenos habituales en las infecciones nasofaríngeas. Las *Klebsiellas* se detectan en tierra, plantas y agua. Además, en alrededor del 30% de la población sana se encuentran en el tracto gastrointestinal o en las vías respiratorias superiores. Las enfermedades provocadas por *Klebsiella* son principalmente neumonía (neumonía de Friedländer), sepsis e infección urinaria. (YAGI, *et.al.*, 2005). El género *Klebsiella* está formado por varias especies, entre las que se encuentran *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. planticola* y *K. terrigena*. La capa más

externa de *Klebsiella sp.* Está formada por una gran cápsula de polisacáridos que diferencia a estos microorganismos de otros géneros de esta familia”.

2.5.2.7. *Proteus*

Cocobacilos entéricos, gramnegativos, aerobios. Pueden presentar pleomorfismo. Son móviles. Desarrollan confluentemente, formando las llamadas "oleadas" sobre la superficie de los medios sólidos (agares). Se hallan presentes en el tracto intestinal humano y animal. Pueden contaminar vegetales de tallo corto, hortalizas, productos cárnicos y alimentos guardados a temperaturas medias. “Las especies de *P. penneri*, *P. vulgaris*, y *P. mirabilis* son oportunistas y generan cuadros infecciosos al ser humano. Originan infecciones urinarias con del 10% de dificultades en el tracto urinario, incluyen lesiones celulares del epitelio renal y cálculos. En infantes generan enteritis, también generan abscesos hepáticos, otitis media, meningitis y neumonía con o sin empiema y muchos más. Es un género recurrente del tipo invasor secundario de lesiones con heridas y quemaduras, como también de infecciones hospitalarias” (LARGO, 1973).

2.5.3. Fungi

“La evolución en los fungi ha sido más prospera en comparación de las mismas bacterias. tienen un conjunto de hifas que se conocen como micelio que forman la parte vegetativa de los fungi. Su crecimiento adecuado se desarrolla alrededor de 4-6 de pH, a niveles mayores de 70 % de humedades relativas y niveles de temperatura de 22-30°C. Al metabolizar crean enzimas

conocidas como la celulasa o distintas variedades de proteasas y ácidos orgánicos, los cuales intervienen con la composición del soporte cambiando sus características fisicoquímicas” (PELCZAR, 1993).

2.5.4. Géneros fungi aislados en el aire

Para GARRET, (1998), “los fungi del medio ambiente pueden hallarse tanto en exteriores o internamente dentro de los hogares. Pese a la disparidad entre la cantidad de especies de fungi hallados en ambientes cerrados y espacios abiertos es discutida, se asume que las proporciones de fungi en exteriores están supeditados por los parámetros climatológicos, y de igual modo repercute en la proporción de los fungi en interiores”.

2.5.4.1. Genero *Geotrichum*

Según ROMERO (2007), este género de fungi “se encuentra distribuido en muchos sitios, origina la geotricosis, que es una infección que ocasiona dicho género el cual está inmerso dentro del ambiente, en la epidermis y las membranas mucosas del ser humano. Dicha afección puede ser de origen externo o interno, las condiciones sintomatológicas son distintas y con frecuencia en cuadros pulmonares, con muestras semejantes a la tuberculosis. A nivel de la piel produce daños nodulares que podrían tratarse con violeta de genciana y yoduro de potasio”.

2.5.4.2. Genero *Fusarium*

Según NELSON, (1983), “Este género filamentosos de gran extensión es muy hallado en el suelo en vinculación con las plantas. Son unos integrantes

relativamente abundantes de la flora microbiana del suelo y gran parte de las especies son saprofitas. Son sencillamente identificables al microscopio las esporas del género por su figura de canoa o media luna. Ciertas especies fabrican micotoxinas en los cereales y si estas ingresan en la cadena trófica afectarían a la salud del ser humano y de los animales, las toxinas *fumonisin* y *trichothecenos* son las más elaboradas por estas especies de *Fusarium*. Tienen capacidad de subsistir en el suelo y en agua, alimentándose de residuos y materiales en descomposición, por ello son patógenos facultativos. En los laboratorios de microbiología son considerables agentes de contaminación”.

2.5.4.3. Genero *Aspergillus*

Según GARCÍA, (2001), los *Aspergillus*, son “un género de alrededor de 200 hongos (mohos), y es ubicuo. Los hongos se pueden clasificar en dos formas morfológicas básicas: las levaduras y las hifas. *Aspergillus* es un hongo filamentoso (compuesto de cadenas de células, llamadas hifas), el tipo de hongos opuesto a las levaduras, éstas últimas compuestas de una sola célula redondeada. El hábitat natural del *Aspergillus* son el heno y el compostaje. Es un hongo oportunista y uno de los que toma ventaja de personas inmunocomprometidas”.

CHURBA (2008), menciona que las “esporas de *Aspergillus sp.*, están suficientemente esparcidas en el medio ambiente. Se considera que el hombre aspira cerca de 200 esporas diarias. Dichas esporas habitualmente son suprimidas por el sistema inmunológico. Sin embargo, este hongo se ha convertido en el más prevalente de los hongos patógenos en suspensión en el

aire, debido a su capacidad para causar infecciones en huéspedes con un sistema inmune debilitado, con al menos un 50% de tasa de mortalidad en los seres humanos. El género también está relacionado con la sinusitis y cuadros asmáticos”.

2.5.4.4. *Candida*

De acuerdo con LLOP, (2001) *Candida* “son hongos levaduriformes que forman parte de la flora normal de algunas zonas de nuestro cuerpo. Producen enfermedad cuando las defensas naturales son afectadas por algún factor predisponente, considerándose, por lo tanto, como un hongo oportunista. Los cuadros clínicos pueden ir desde una infección cutánea benigna hasta las formas diseminadas, generalmente fatales. La forma clínica más frecuente es la candidiasis vaginal. La mayoría de las infecciones por *candidas* provienen de fuente endógena. La principal especie patógena es la *C. albicans*, aunque hay otras especies que se han encontrado produciendo enfermedad en el humano”.

Por otra parte, LOPEZ (2005) menciona que *Candida*, “en el hombre se ha aislado *C. albicans* de piel y mucosas; en un estudio, se encontró en periné, axila y cuello, así como en mucosas vaginal, bucal y conjuntival. Otro reporte demostró la presencia de esta levadura en esputo y orina”.

2.5.4.5. Genero *Penicillium*

Según MARTINEZ (2003), “los miembros del género *Penicillium* son hongos filamentosos. Las especies de *Penillium* están ampliamente distribuidas en la naturaleza y se hallan en el suelo, la vegetación caída, el aire y el suelo. El

aislamiento de especies de *Penicillium* son considerados contaminantes habituales en el laboratorio, pero pueden causar infecciones, especialmente en huéspedes inmunocomprometidos. El género *Penicillium* posee una gran variedad de especies. Las más comunes son *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium janthinellum*, *Penicillium marneffe* y *Penicillium purpurogenum*".

2.5.4.6. Genero *Blastomyces*

Según KONEMAN y ALLEN (2008), *Blastomyces* es un fungi filamentoso del suelo y se presume que en el hombre se infectan por la aspiración de material particulado contaminado por esporas. En los perros existe una incidencia alta de infección.

2.6. Patogenicidad de microorganismos

MONTAÑO (2010) menciona que "las bacterias, fungi, virus y protozoarios son especialmente aquellos microorganismos patógenos que son dañinos a la salud del ser humano".

DE LA ROSA (2002) manifiestan que "gran cantidad de cuadros infecciosos en animales y en ser humano se transmiten por microorganismos presentes en el medio aéreo y ocasionan enfermedades, especialmente al sistema respiratorio".

HUANG (2002), establece que "los componentes que se dispersan en el aire incluyen a los fungi y a las bacterias, estos se identifican como causantes de cuadros epidemiológicos y de causar ciertas alergias como son la

neumonía, el asma, sinusitis alérgica, hipersensibilidad, rinitis. La concurrencia de microorganismos, como bacterias *Enterobacter agglomerans*, *Staphylococcus aureus*, *Providencia alcalifaciens*, *Serratia rubidaea*, *Serratia liquefaciens*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter hafniae*, *Serratia marcescens* en el aire”.

Según ATLAS, (2002) “Ocasionalmente los microorganismos se transmiten a través de las secreciones nasales y de la garganta las cuales son diseminados por los estornudos, al toser y en la plática, logrando conseguir una velocidad de propagación considerable. El ser humano expulsa un promedio de 19 000 partículas en un estornudo y 500 partículas en la tos, de ellos la mitad son menores de 10 μm . Algunas afecciones causadas por virus, bacterias y fungi se esparcen en medio de la atmosfera y lo que surge de las enfermedades ocasionadas por dichos microorganismos con frecuencia han continuado la orientación de los vientos dominantes”.

De acuerdo con YASSI, (2002) “se le nombra infección al momento en el que independientemente un organismo biológico se asienta en el cuerpo de un ser vivo, ya sea un ser humano, causándole enfermedad. Las infecciones consiguen darse en cualquier zona del cuerpo, sin embargo, algunos organismos suelen ocasionar infecciones en algunos órganos, lo que conlleva a producirse distintas enfermedades. Hay una tasa de mortalidad muy alta en bebés y niños cada año en países en desarrollo debido a enfermedades diarreicas. Esto es el resultado de la gran exposición a los peligros, la carencia de conocimientos a nivel familiar acerca de cómo tratar a un bebé enfermo y la carencia de servicios básicos de salud. En este grupo de edad un gran número de agentes que causan enfermedades diarreicas agudas (EDAs) pueden estar involucrados, y aún virus

comunes que tienen efectos pequeños sobre adultos, pueden ser fatales para los infantes. Para adultos, el cólera es el más peligroso, seguido por *Salmonella typhi* y *paratyphi*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*

También, YASSI (2002), menciona que “las infecciones respiratorias agudas (IRAs) son también muy comunes e importantes. De nuevo los bebés son particularmente vulnerables, pero muchos adultos están en riesgo por la tuberculosis, neumonía, etc. El catarro común y una variedad de virus como el de la influenza tienen un gran impacto sobre nuestras vidas diarias, pero generalmente la recuperación ocurre en varios días. Las bacterias y parásitos han desarrollado resistencia a muchos antibióticos. Las infecciones causadas por organismos resistentes pueden resultar difíciles de tratar y pueden extenderse a otros quienes no estarían expuestos si los tratamientos fueran exitosos. Algunos casos de tuberculosis, por ejemplo, han sido causados por pacientes con el bacilo de la tuberculosis resistente a los antibióticos porque fueron tratados de forma inadecuada, provocando entonces la infección a otras personas”.

Según CRUZ (2006), “los géneros de fungi *Sporobolomyces* e *Histoplasma* causan efectos humanos primarios como Neumonía e infección sistémica respectivamente. Los géneros fungi patógenos oportunistas y de mayor peligro en torno a la salud del ser humano, son *Aspergillus* y *Penicillium*, puesto que estos son responsables de ocasionar diversas alergias”.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio.

En el presente trabajo de investigación se recolectaron muestras durante los meses de junio, julio y agosto del 2017, en el distrito de Castillo Grande que se ubica en la provincia de Leoncio Prado localizada en la región de Huánuco en la zona céntrica del Perú. Cuyos límites geográficos son: por el Este con el distrito de Luyando, al Sur con el distrito de Rupa Rupa, por el Norte con los distritos de Rupa-Rupa y Pueblo Nuevo y al Oeste con el distrito de Rupa-Rupa.

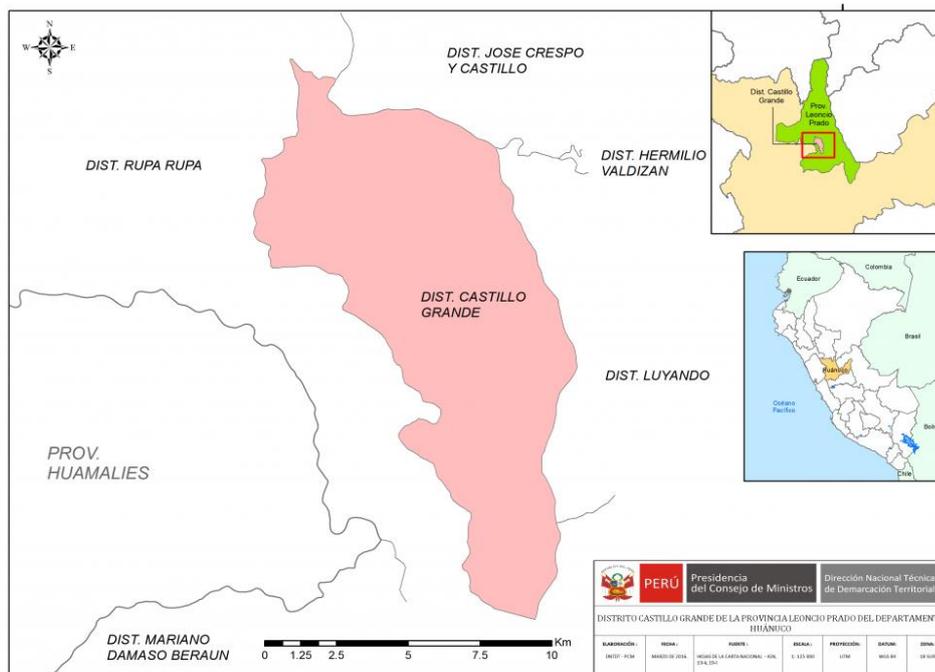


Figura 1. Mapa político del Distrito de Castillo Grande.

3.2. Lugar de procesamiento de muestras

Los análisis de muestras fueron realizados en las instalaciones del laboratorio de Microbiología General, cuya ubicación se encuentra en la UNAS con coordenadas UTM, Este: 390552 m. y Norte: 8970629 m; a 668 m.s.n.m., corresponde a la Zona Selva alta a la cual se ingresa por senda asfaltada de la carretera Lima – Tingo María, en la provincia de Leoncio Prado.

3.3. Aspectos ambientales

3.3.1. Temperatura

“Posee una temperatura máxima de 25.70 °C, una mínima de 19.5 °C y una media de 24.31 °C. la temperatura es cambiante en los meses de mayo a setiembre, sin embargo, durante el transcurso del mes de junio se registra un declive del nivel de temperaturas que son causados por los vientos fríos del anticiclón polar marítimo ascendente de la zona del atlántico.” (PDC LEONCIO PRADO, 2015).

3.3.2. Precipitación

“Las precipitaciones promedio anual están en 3,179 mm, en épocas de invierno éstas pueden alcanzar hasta los 3860 mm. Según el Mapa de Clasificación Climática del Perú la provincia de Leoncio Prado pertenece a la región natural de Rupa Rupa o selva alta con una zona de Bosque muy Húmedo Montano Tropical (bmh mt), con un clima cálido-húmedo-lluvioso. Presenta abundantes precipitaciones pluviales, sobre todo en los meses de noviembre a marzo y llueve más de 3000 mm al año” (PDC LEONCIO PRADO, 2015).

3.3.3. Humedad Relativa

“Mensualmente la humedad relativa media es de 85.67% y su regularidad con respecto a sus cambios de nivel registrados está condicionado al ciclo de precipitaciones, por ello se registra una mayor humedad en tiempos de mayores lluvias” (PDC LEONCIO PRADO, 2015).

3.4. Materiales y equipos

3.4.1. Materiales de campo

- Jeringas de 60 ml, mechero de alcohol, placas receptoras, matraces con caldo BHI (Brain Heart Infussion).

3.4.2. Materiales de laboratorio

- Matraces, mechero a gas, pipetas de 5 y 10 ml, micropipetas, placas Petri, gradillas para los tubos de ensayo, asa para siembra, cubre y porta objetos.

3.4.3. Medios de cultivo

Los medios de cultivos usados para la activación, aislamiento e identificación de bacterias para la presente investigación fueron los siguientes:

- Medios líquidos: Caldo malonato, caldo peptona 0.1 %, caldo BHI (Brain Heart Infussion), caldo Rojo de Metilo y Voges Proskauer (RMVP).
- Medios sólidos: Agar TSI (Hierro Triple Azúcar), agar LIA (Lisina – Hierro), agar citrato según Simmons, agar urea, agar CLED

(Cistina lactosa deficiente de electrolitos), agar Sabouraud agar McConkey, agar M77, Plate Count.

3.4.4. Reactivos

- Indol según KOVACS, hidróxido de sodio NaOH al 4%, rojo de metilo, alfa naftol.

3.4.5. Equipos

- Contador de colonia, microscopio, horno para esterilizar materiales, balanza electrónica, GPS, termómetro digital, higrómetro digital.

3.5. Métodos

El presente trabajo de investigación tiene la característica de ser descriptiva y tuvo como finalidad evaluar la contaminación microbiológica del aire con referencia a bacterias y fungi y también la cantidad de microorganismos presentes en los puntos de estudio.

3.5.1. Reconocimiento del área de estudio y determinación de zonas de muestreo.

Se realizó la visita al distrito de Castillo Grande para reconocer el área de influencia del estudio y poder establecer los puntos de muestreo. Los puntos se determinaron de acuerdo a dos criterios, (1) ubicar lugares con mayor afluencia de público y vehículos, (2) la hora en que esto ocurre. Luego de aplicar

los criterios mencionados, se seleccionaron 7 puntos de muestreo, los cuales se observan en el plano de ubicación del proyecto, anexo F.

Cuadro 2. Ubicación geográfica y referencia de los puntos de muestreo realizados en el Distrito de Castillo Grande.

Puntos de muestreo	Coordenadas geográficas	Dirección de la calle - Referencia
1	18L:389417 UTM: 8971758	Av. José A. Quiñones Cdra. 1 – Altura del primer semáforo.
2	18L: 389771 UTM: 8972760	Av. San Martín Cdra. 5 – Altura de la I.E. Los Laureles.
3	18L: 389335 UTM: 8972252	Av. José C. Mariátegui Cdra. 4 – Altura del PEAH y recreo “El Mundialito”.
4	18L: 389210 UTM: 8973113	Av. Unión Cdra. 7– Altura del ingreso a los recreos El rancho y Colindantes.
5	18L: 389174 UTM: 8973594	Av. Unión Cdra. 12 – Expendios de comida.
6	18L: 389179 UTM: 8973958	Av. Unión Cdra. 15 – Altura del Centro de Salud Castillo Grande.
7	18L: 389181 UTM: 8974180	Av. Unión Cdra. 17 – Altura de la I.E. Cesar Vallejo y el parque Castillo Grande

3.5.2. Muestreos

Se desarrollaron tres muestreos, llevados a cabo el 05 de junio, el 03 de julio y el último el 07 de agosto del año 2017. Los muestreos se realizaron en los 7 puntos ya definidos, donde en cada uno se realizaron las tres repeticiones. Todos los muestreos se realizaron a partir del de las 11:00 hasta las 13:00 horas, tanto para bacterias como para fungi en cada repetición.

3.5.3. Preparación de medios para muestreos

Determinados los siete puntos de muestreo se elaboraron catorce matraces conteniendo caldo Brain Heart Broth (BHI), el cual es usado para una gran variedad de microorganismos, está preparada con 90ml de agua destilada y 3.3 g de BHI granulado. Siete matraces se usaron para el muestreo de bacterias y siete para el de hongos, con la adición del antibiótico ceftriaxona de 250mg/l, lo que es útil para evitar el crecimiento de bacterias.

3.5.4. Determinación de parámetros físicos

Los parámetros que se midieron fueron la temperatura en grados Celsius (°C), la humedad relativa en porcentaje (%) con la ayuda de un termómetro e higrómetro digital; las mediciones se hicieron *in situ* en las 3 repeticiones en los 7 puntos de muestreo establecidos.

3.5.5. Elaboración de rosa de vientos

Para la creación de la rosa de vientos se utilizó el software Wind Rose Plot, para la cual se dispuso los datos de velocidad y dirección de viento

proporcionada por la estación meteorológica Tingo María de coordenadas (Latitud: 9°18'0" Sur, Longitud: 75°01'0" Oeste) de la provincia de Leoncio Prado.

3.5.6. Toma de muestras

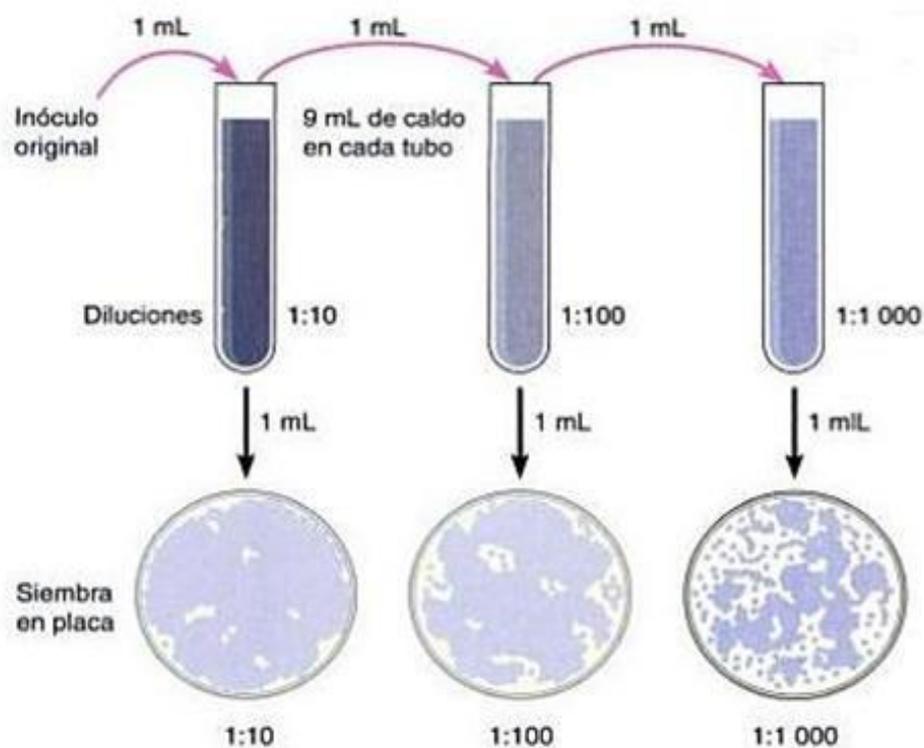
Se utilizó el método IMPINGER, (modificado por LÓPEZ. 2010), para la toma de muestras del medio aéreo se empleó jeringas de 60 ml debidamente esterilizadas, en los cuales se aspiró el aire circundante, seguidamente se procedió a inyectar la muestra de aire al matraz con el caldo BHI. Este procedimiento se reiteró 20 veces, tanto para los matraces de muestreo de bacterias como para los matraces de muestreo de fungi, en cada uno de los puntos de muestreos ya establecidos.

3.5.7. Enumeración de microorganismos aerobios viables totales (NMAV) por el método de recuento en placas

En siete matraces se incluyeron 90ml de caldo peptona. Se retiró 10 ml de los frascos con BHI conteniendo las muestras tomadas que, siguiendo con la metodología de diluciones seriadas, se añadieron a su correspondiente matraz con caldo peptona (10^{-1}). Se homogenizó la solución y se realizó dos diluciones más, extrayendo 1 ml de la muestra y añadiéndolo a un tubo de ensayo con 9 ml de caldo peptona (10^{-2}), se homogenizó y se repitió el proceso (10^{-3}), posteriormente se retiró 1 ml de ésta última solución para verterla en una placa Petri vacía y debidamente desinfectada, seguidamente se añadió 10 ml de agar Plate Count que necesariamente se dejó solidificar alrededor de 8 minutos para luego llevar dichas placas a una estufa a temperatura de 37 °C por 2 días.

Cumplido dicho tiempo y con el apoyo del equipo de contador de unidades formadoras de colonias se procedió a numerar los microorganismos aerobios viables totales utilizando la siguiente fórmula: (Modificado de TÓRTORA *et al.* 2007).

$$\text{NMAV/cm}^3 = \text{Número de colonias} \times \text{Inóculo} \times \text{Factor de dilución}$$



Fuente: Modificado de TÓRTORA, 2007.

Figura 2. Cálculo del número de microorganismos por el método de diluciones seriadas.

3.5.8. Determinación de bacterias del aire

3.5.8.1. Incubación de muestras con BHI

Luego de haber terminado de muestrear, los matraces con medio BHI y la muestra fueron llevados a incubación a una temperatura de 37 °C por un tiempo de 2 días.

3.5.8.2. Elaboración de los medios enriquecedores

Los medios que se necesitan para el desarrollo de bacterias son los agares nombrados a continuación y se preparan de la siguiente forma:

- CLED: 18 gramos del agar más 500 ml de agua destilada.
- MacConkey: 25 gramos del agar más 500 ml de agua destilada
- Manitol Salado: 5 gramos de agar-agar, 4 gramos de peptona especial, 400ml de agua destilada, 0.4 gramos de concentrado de carne, 30 gramos de NaCl, 4 gramos de D (-) manita, 0.01 gramos de rojo de fenol.
- M77: 4 gramos del agar-agar, 400 ml de agua destilada, 2 gramos de peptona, 0.2 gramos de K₂HPO₄, 0.08 gramos de cloruro de sodio, 0.08 gramos de sulfato de magnesio trazas de MnSO₄, trazas cloruro de hierro, 6 gramos de manitol y 2 gramos de concentrado de levadura.

3.5.8.3. Cultivo en los medios enriquecidos con agares.

Con la ayuda de un asa de siembra, se extrajo un inculo de los matraces que contienen BHI y las muestras de aire incubados durante 2 días a

37 °C. dicho inóculo se sembró en las placas Petri con los agares CLED, MacCokey, Manitol Salado, M77, ya solidificados. El método de siembra fue mediante estrías. Las placas Petri ya cultivadas fueron llevadas a incubación por 2 días a 37 °C de temperatura.

3.5.8.4. Diferenciación Bioquímica

El análisis bioquímico que se realizó para identificar las bacterias está constituido por los test de: rojo de metilo, caldo malonato, Indol, Voges-Proskauer, citrato de Simmons, urea, LIA, TSI y SIM (BRADSHAW, 1997). Se realizó el siguiente procedimiento:

Terminada la incubación de las placas Petri para el desarrollo de las bacterias, se desarrolló el análisis bioquímico:

- Indol: En un tubo de ensayo se echó 9 ml del caldo peptona a 0.1%. Con una anza de siembra y usando el método de enjuague se efectúa el cultivo de bacterias. Se incuba durante 2 días y para la identificación se utiliza 2 o 3 gotas del reactivo de Kovacs.
- SIM: Es un medio semisólido cuya finalidad es comprobar el movimiento, creación de indol y de sulfuro de hidrógeno en un propio tubo de ensayo, se vierte en cada tubo aproximadamente 9 ml de siembra y se realiza por la metodología de puntura se deja incubar durante 2 días, luego se emplea el reactivo de Kovacs para observar la reacción.
- Rojo de metilo: Se emplea 9 ml de caldo rojo de metilo y el test Voges-Proskauer en cada tubo de ensayo, se cultiva usando la metodología de enjuague; se incuba durante 2 días y adicionalmente 2 o 3 gotas del reactivo rojo de metilo.

- Voges-Proskauer: En los tubos de ensayo se echa el caldo rojo de metilo y Voges-Proskauer, se cultiva usando la metodología de enjuague y se incuba durante 2 días; como reactivo se emplea 2 o 3 gotas de hidróxido de sodio al 4% y se añade 2 o 3 gotas del reactivo alfa naftol y se espera 12 minutos para observar la reacción.
- TSI: En los tubos de ensayo se echa hasta su tercera parte el agar a 45 °C, se pone en forma de pico de flauta y se deja solidificar, posteriormente se cultiva en forma de estrías y puntura. Se incuba durante 2 días a 37 °C; la respuesta negativa o positivo a la prueba se da con la variación del color.
- LIA: Se echa a los tubos de ensayo el agar con una temperatura de 45 °C y se deja solidificar en forma en pico de flauta; luego se procede al cultivo de colonias de bacterias usando la metodología de puntura y estrías; la variación del color indica la reacción a la prueba.
- Citrato de Simmons: Se echa en los tubos de ensayo el agar y se pone a enfriar en forma inclinada para así cultivar usando la metodología de estrías. Luego de 2 días de incubación.
- Caldo Malonato: Se echa a los tubos de ensayo el caldo y se efectúa el cultivo por la metodología de enjuague, luego de incubar durante 2 días se contempla si se torna a color azul, entonces es positiva la reacción.
- Urea: Se vierte el agar a los tubos de ensayo, se cultiva por la metodología de puntura, luego de 2 días de incubación el cambio de color nos indicara una positiva reacción.

Con los datos obtenidos se hizo la comparación con la tabla de pruebas bioquímicas.

3.5.9. Determinación de géneros fungi del aire

3.5.9.1. Incubación de las muestras de matraces con BHI más

Antibióticos

En contraparte a los matraces destinados para las muestras de bacterias, los matraces contenidos con caldo BHI más antibióticos empleados para el desarrollo de fungi fueron dispuestos a incubación por un tiempo de 6 a 8 días a temperatura ambiente (LÓPEZ, 2010).

3.5.9.2. Siembra de fungi

De los matraces con caldo BHI más antibiótico, se desplego el inculo de su correspondiente matraz y se cultivó usando la metodología de puntura en placas Petri contenidas con Agar Sabouraud. Estas placas se llevaron a incubación por un periodo de 6 a 8 días a temperatura ambiente (LÓPEZ, 2010).

3.5.9.3. Microcultivo fungi

Se necesito esterilizar placas Petri cuyo contenido tendrían un soporte de vidrio en forma de letra U, un cubre y porta objeto. Posteriormente se alisto una placa Petri conteniendo agar Sabouraud glucosa 4%, una vez solidificado dicho agar se segmento en forma de cubitos de medidas 20 x 20 x 10 mm. Dentro de las placas de microcultivo, se colocó cada cubo encima del porta objeto y está colocada sobre la varilla de forma de letra U. Para cada una de las placas de microcultivo se escogió distintos tipos de colonias sacadas de la siembra de fungi ya incubadas. Una vez elegidas las colonias de fungi, con

apoyo de una anza micológica, se cogió el inóculo de una colonia y se dispuso sobre el cubo del medio agar Sabouraud que se colocó sobre el porta objeto, todo ello dentro de las placas de microcultivo.

Se ubico el cubre objeto por encima del cubo de agar, luego se añadió algodón húmedo dentro de la placa para consolidar la humedad y el desarrollo de los fungi. Las placas de microcultivo fueron llevadas a incubación durante un periodo de 6 a 8 días a temperatura ambiente (LÓPEZ, 2010).

3.5.9.4. Tinción de fungi con azul AMANN

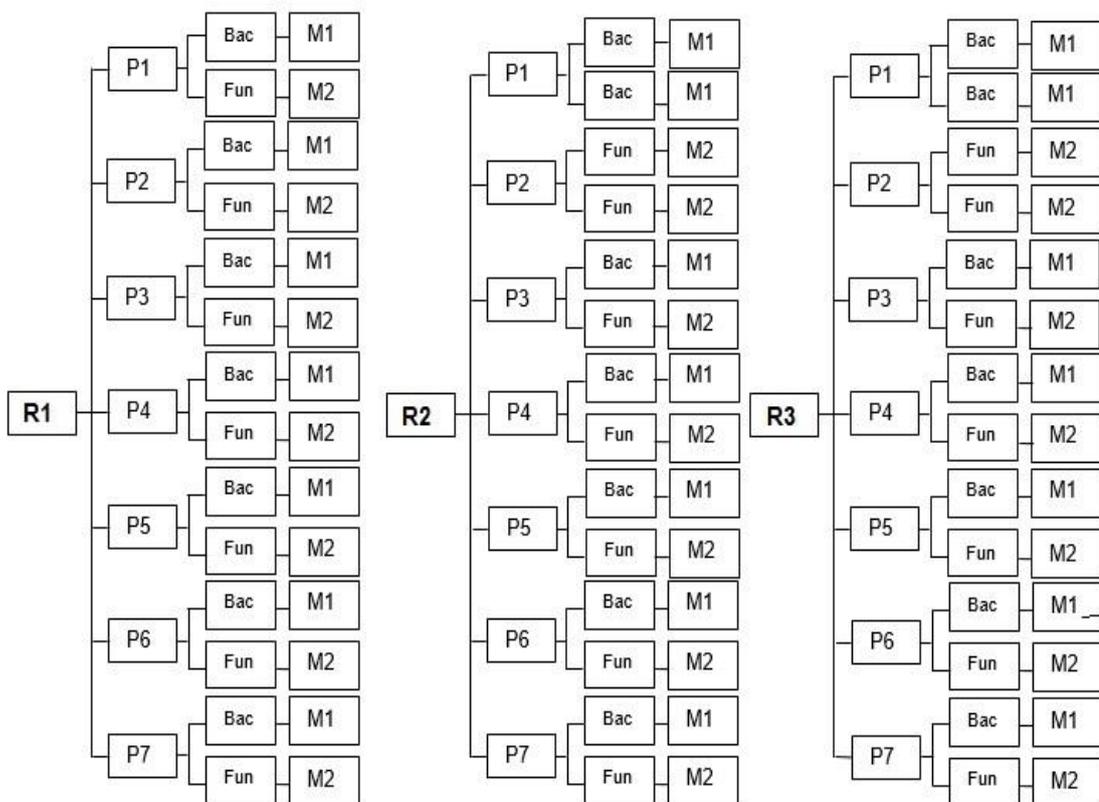
Finalizado el periodo de incubación, con apoyo de una pinza se separó delicadamente el cubre objeto de la placa de microcultivo y se dispuso encima de un porta objeto limpio y sin grasa al que previamente se echó de 1-2 gotas de azul de lactofenol. Con apoyo de papel secante se limpió el excedente del pigmento, después se desechó el cubo del agar Sabouraud trasladándolo a un envase que contiene lejía. Luego se procedió a retirar el porta objeto de la placa de microcultivo y se le echo 2 gotas de azul de lactofenol para luego añadir un cubre objeto limpio (LÓPEZ, 2010).

3.5.9.5. Reconocimiento en el microscopio

Las muestras que se obtuvieron se observaron por medio del microscopio empleando un lente objetivo de 40x y un lente ocular de 10x, así el incremento total será de 40x10 que es igual a 400 veces el aumento y con la ayuda del manual *Illustrated General of Imperfect Fungi* (BARNETT, 1970), para el respectivo reconocimiento de géneros fungi.

3.6. Diseño de la investigación

Se aplicó un diseño descriptivo longitudinal con siete (7) puntos de muestreo, P1: Av. José A. Quiñones Cdra. 1 – Altura del primer semáforo, P2: Av. San Martín Cdra. 5 – Altura de la I.E. Los Laureles, P3: Av. José C. Mariátegui Cdra. 4 – Altura del PEAH y recreo “El Mundialito”, P4: Av. Unión Cdra. 7 – Altura del ingreso a los recreos El rancho y Colindantes, P5: Av. Unión Cdra. 12 – Expendios de comida, P6: Av. Unión Cdra. 15 – Altura del Centro de Salud Castillo Grande y P7: Av. Unión Cdra. 17 – Altura de la I.E. Cesar Vallejo y el parque Castillo Grande. Realizando tres repeticiones como muestra la siguiente figura.



[R]: Repeticiones 1, 2, 3. [P]: Puntos de muestreo, [Bac]: Bacterias, [Fun]: Fungi, [M]: Muestras.

Figura 3. Diseño de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros físicos del distrito de Castillo Grande

4.1.1. Temperatura

Los valores obtenidos de los puntos de muestreo del distrito de Castillo Grande, el máximo valor obtenido se apreció en el primer muestreo del mes de junio en el punto 7 (Av. Unión Cdra. 17 – Altura de la I.E. Cesar Vallejo y el parque Castillo Grande) con 32.20 °C y el valor mínimo se registró en el segundo muestreo del mes de Julio punto 5 (Av. Unión Cdra. 12 – Expendios de comida) con 26.80 °C (Cuadro 3).

Cuadro 3. Temperaturas (°C) de la primera, segunda y tercera repetición en los puntos de muestreo en los meses junio, julio y agosto del 2017.

Punto de muestreo	1°	2°	3°	Promedio por punto	CV (%)
	muestreo	muestreo	muestreo		
	Junio	Julio	Agosto		
	T (°C)	T (°C)	T (°C)		
Punto 1	29.10	27.30	28.50	28.43	3.87
Punto 2	31.50	28.00	28.80	29.43	6.23
Punto 3	30.80	27.90	33.80	30.83	9.57

Punto 4	30.50	27.20	32.60	30.10	9.04
Punto 5	32.50	26.80	30.70	30.00	9.71
Punto 6	32.10	29.70	30.10	30.63	4.20
Punto 7	32.20	28.80	31.60	30.87	5.88
Promedios por muestreo	31.30	27.96	30.87		

En la Figura 4. Los valores de la temperatura promedio en los puntos muestreados, el valor máximo de temperatura se registró en el punto 7 (Av. Unión Cdra. 17 – Altura de la I.E. Cesar Vallejo y el parque Castillo Grande) con 30.87 °C y el valor mínimo se registró en el punto 1 (Av. José A. Quiñones Cdra. 1 – Altura del primer semáforo.) con 28.43 °C.

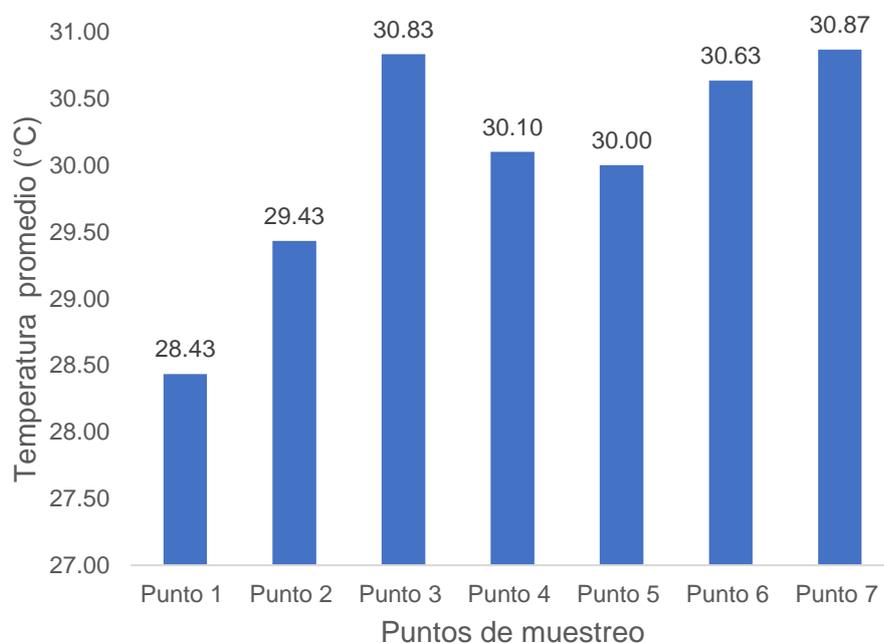


Figura 4. Temperatura promedio del medio aéreo en los puntos de estudio.

4.1.2. Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa de los puntos muestreados del distrito de Castillo Grande. El valor máximo del porcentaje de humedad relativa se registró en el tercer muestreo del mes de agosto en el punto 2 (Av. San Martín Cdra. 5 – Altura de la I.E. Los Laureles) con 62.6% y el valor mínimo se registró en el primer muestreo del mes de junio en el punto 7 (Av. Unión Cdra. 17 – Altura de la I.E. Cesar Vallejo y el parque Castillo Grande) con 31.40% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Humedad relativa (%) de la primera, segunda y tercera repetición en los puntos de muestreo en los meses junio, julio y agosto del 2017.

Punto de muestreo	1°	2°	3°	Promedio por punto	CV (%)
	muestreo	muestreo	muestreo		
	Junio	Julio	Agosto		
	HR (%)	HR (%)	HR (%)		
Punto 1	42.90	53.00	58.80	51.57	15.60
Punto 2	56.20	56.10	62.60	58.30	6.39
Punto 3	47.50	37.50	53.70	46.23	17.68
Punto 4	50.00	38.80	50.80	46.53	14.42
Punto 5	40.10	40.10	40.60	40.27	0.72
Punto 6	56.00	50.40	49.50	51.97	6.78
Punto 7	31.40	61.10	49.70	47.40	31.61
Promedio por muestreo	46.30	48.14	52.24		

Los valores promedios de humedad relativa obtenidos en los puntos muestreados, se registró el máximo valor de humedad relativa en el punto 2 (Av. San Martín Cdra. 5 – Altura I.E. Los Laureles) con 58.30 % y el valor mínimo se registró en el punto 5 (Av. Unión Cdra. 12 – Expendios de comida) con 40.27 % (Figura 5).

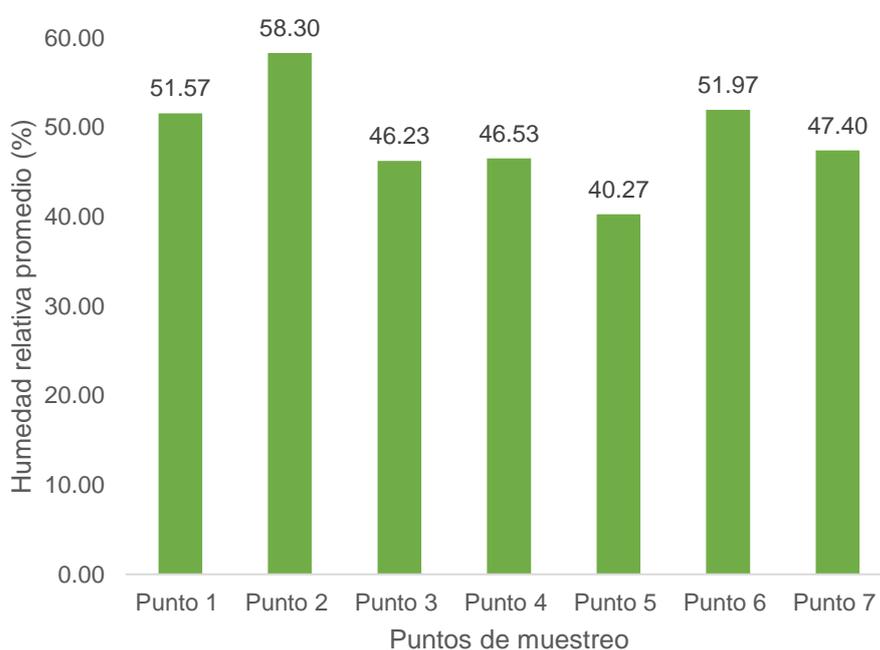
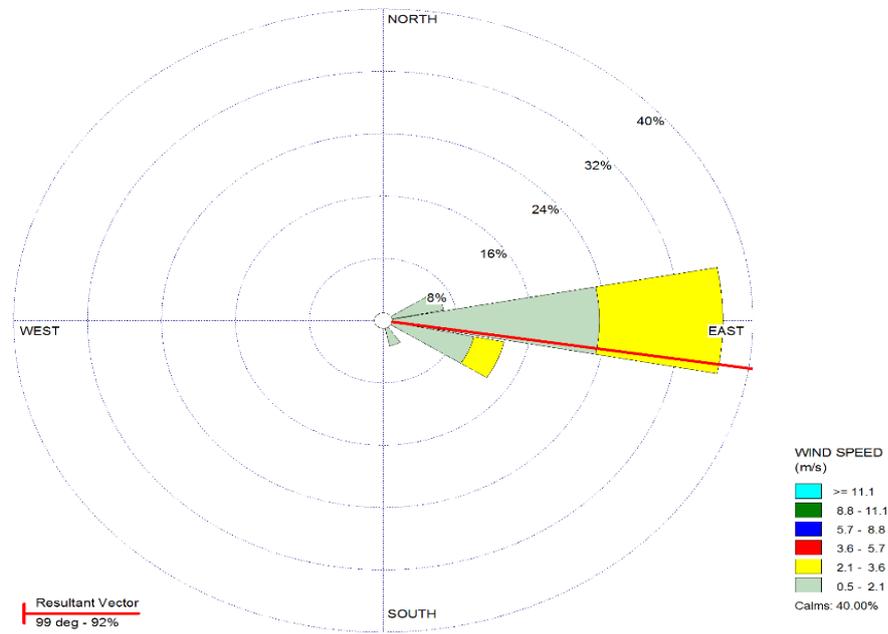


Figura 5. Humedad relativa promedio del medio aéreo.

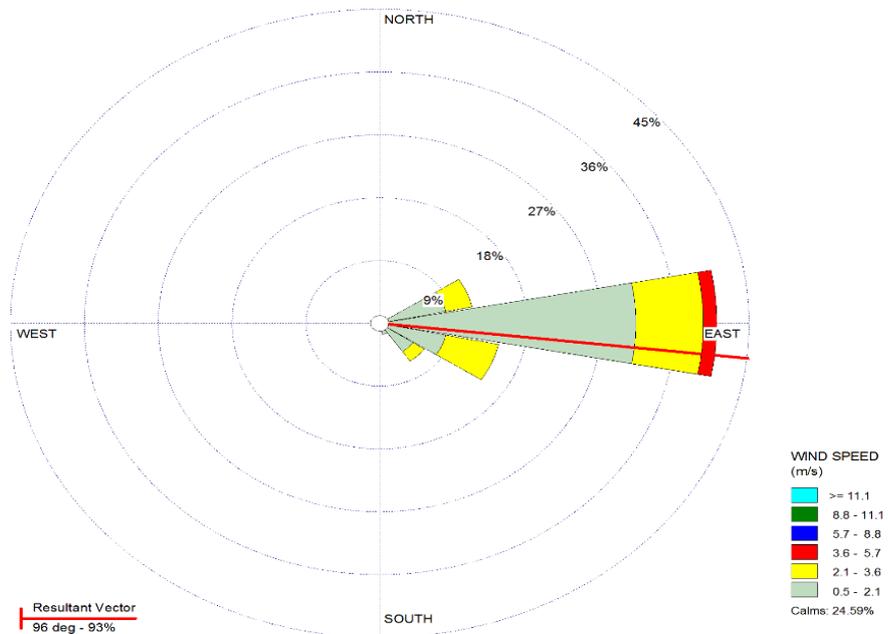
4.1.3. Rosa de vientos

En las Figuras 6, 7 y 8 se muestran las rosas de viento para los meses de junio, julio y agosto, teniendo como mayores porcentajes en frecuencia de distribución 43.3 %, 64.5 % y 58.1 % respectivamente pertenecientes al rango de velocidad de viento entre 0.5 a 2.1 m/s, el cual equivale a 1.8 Km/h a 7.56 Km/h.



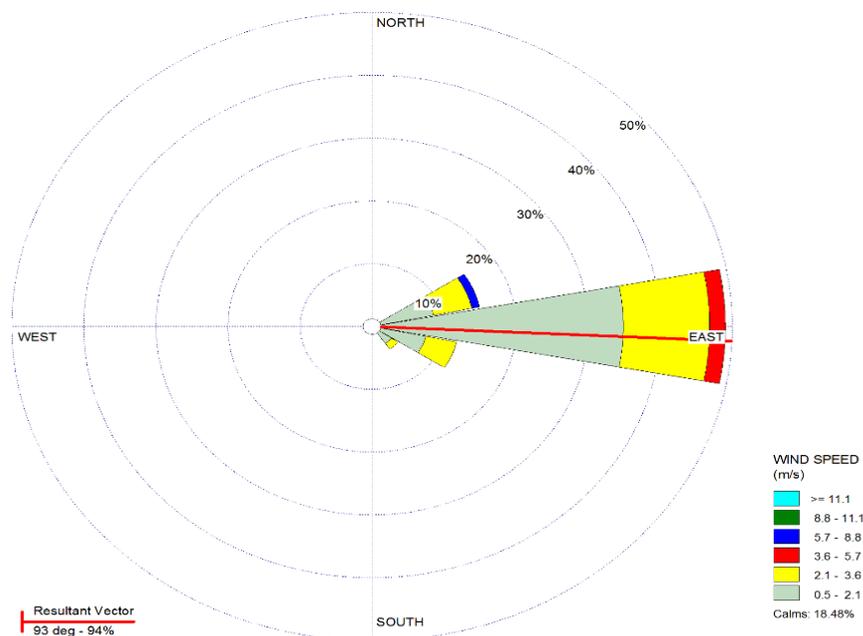
Fuente. Estación Tingo María – Leoncio Prado, 2017, rosa de viento elaborada con Wind Rose Plot.

Figura 6. Rosa de viento para junio de 2017.



Fuente. Estación Tingo María – Leoncio Prado, 2017, rosa de viento elaborada con Wind Rose Plot.

Figura 7. Rosa de viento para julio de 2017.



Fuente. Estación Tingo María – Leoncio Prado, 2017, rosa de viento elaborada con Wind Rose Plot.

Figura 8. Rosa de viento para agosto del 2017.

En los 3 meses estudiados la predominancia de donde viene la dirección del viento E y ESE, se hacen evidentes en cada una de las rosas de viento, como lo hace notar el vector resultante en las figuras presentadas anteriormente.

4.2. Numero de microorganismos encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande

4.2.1. Número de microorganismos aerobios viables totales por centímetro cubico de aire (NMAV/cm³ de aire)

El número de microorganismos (NMAV/cm³) encontrados en cada uno de los puntos de muestreo de los meses de junio, julio agosto, siendo el máximo valor encontrado en el punto 1 (Av. José A. Quiñones Cdra. 1 – Altura

del primer semáforo) del mes de Julio con 740×10^3 NMAV/cm³ de aire y el mínimo valor encontrado en los puntos 3(Av. José C. Mariátegui Cdra. 4 – Altura del PEAH y recreo “El Mundialito”) y 5(Av. Unión Cdra. 12 – Expendios de comida) del mes de junio con 50×10^3 NMAV/cm³ (Cuadro 5).

Cuadro 5. Numero de microorganismos aeróbicos viables (NMAV/cm³) de la primera, segunda y tercera repetición en los puntos de muestreo en los meses junio, julio y agosto del 2017.

Punto de muestreo	Junio NMAV/cm ³	Julio NMAV/cm ³	Agosto NMAV/cm ³	Promedio Promedio	Promedio total
Punto 1	80×10^3	740×10^3	230×10^3	350×10^3	
Punto 2	500×10^3	310×10^3	600×10^3	470×10^3	
Punto 3	50×10^3	100×10^3	240×10^3	130×10^3	
Punto 4	80×10^3	100×10^3	140×10^3	107×10^3	204×10^3
Punto 5	50×10^3	180×10^3	140×10^3	123×10^3	
Punto 6	60×10^3	110×10^3	220×10^3	130×10^3	
Punto 7	60×10^3	120×10^3	180×10^3	120×10^3	

Los valores de NMAV/cm³ promedio de los puntos muestreados, el máximo valor de NMAV/cm³ se obtuvo en el punto 2 (Av. San Martín Cdra. 5 – Altura de la I.E. Los Laureles) con 470×10^3 NMAV/cm³ y el valor mínimo se

registró en el punto 4 (Av. Unión Cdra. 12 – Expendios de comida) con 107×10^3 NMAV/cm³. (Figura 9).

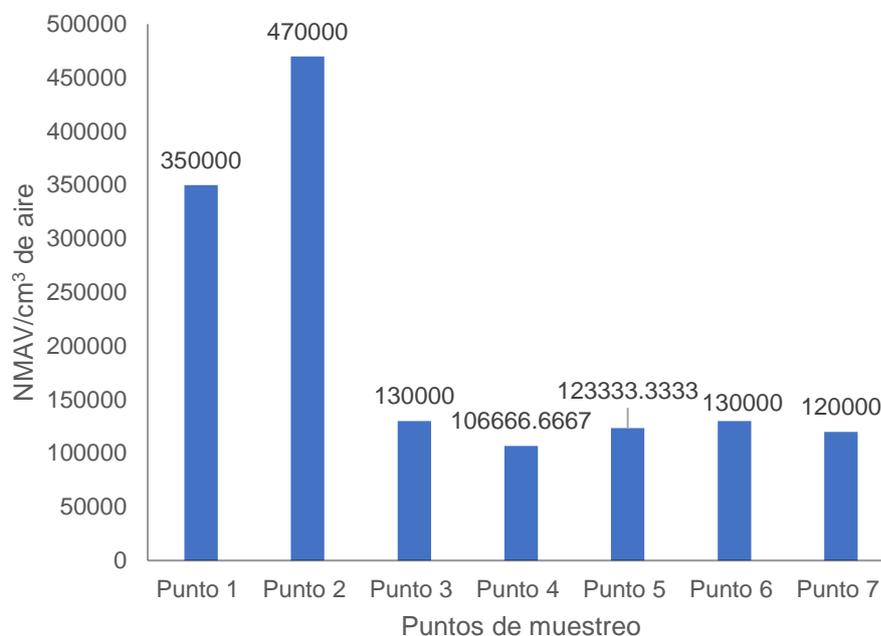


Figura 9. Número de microorganismos aerobios viables totales por cm³ de aire promedio en los siete puntos de muestreo del Distrito de Castillo Grande.

En el cuadro 6. Que representa el análisis estadístico descriptivo por zonas (puntos de muestreo) para los valores de numero de microorganismos aerobios viables totales. Se observa que el punto que presenta datos más dispersos en NMAV/cm³ de acuerdo con los estadísticos descriptivos es el punto 1 con un coeficiente de variación del 98.85%. Mientras el punto más homogéneo fue el punto 4 con un coeficiente de variación del 28.64%.

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos por zonas (puntos de muestreo) para los valores de número de microorganismos aerobios viables totales.

ZONAS	N	NMAV/cm ³			Error estándar	Desviación estándar	CV
		Mínimo	Máximo	Media			
1	3	80000.00	740000.00	350000.00	199749.84	345976.88	98.85
2	3	310000.00	600000.00	470000.00	85049.01	147309.20	31.34
3	3	50000.00	240000.00	130000.00	56862.41	98488.58	75.76
4	3	80000.00	140000.00	106666.67	17638.34	30550.50	28.64
5	3	50000.00	180000.00	123333.33	38441.88	66583.28	53.99
6	3	60000.00	220000.00	130000.00	47258.16	81853.53	62.96
7	3	60000.00	180000.00	120000.00	34641.02	60000.00	50.00

N = número de muestreos; CV= coeficiente de variación expresado en porcentaje.

4.2.2. Relación de la temperatura y humedad relativa con el Número de microorganismos aerobios viables totales (NMAV/cm³) encontrados en el distrito de Castillo Grande

Con los datos obtenidos observamos la relación que existe entre los datos de NMAV/cm³ del aire con la temperatura refleja una relación inversamente proporcional que explica que mientras la temperatura se incrementa, la cantidad de microorganismos en el aire disminuye. Mientras que la relación con el porcentaje de humedad relativa refleja una relación directamente proporcional que explica que mientras la humedad relativa aumenta la cantidad de microorganismos en el aire aumenta (Figura 10 y 11).

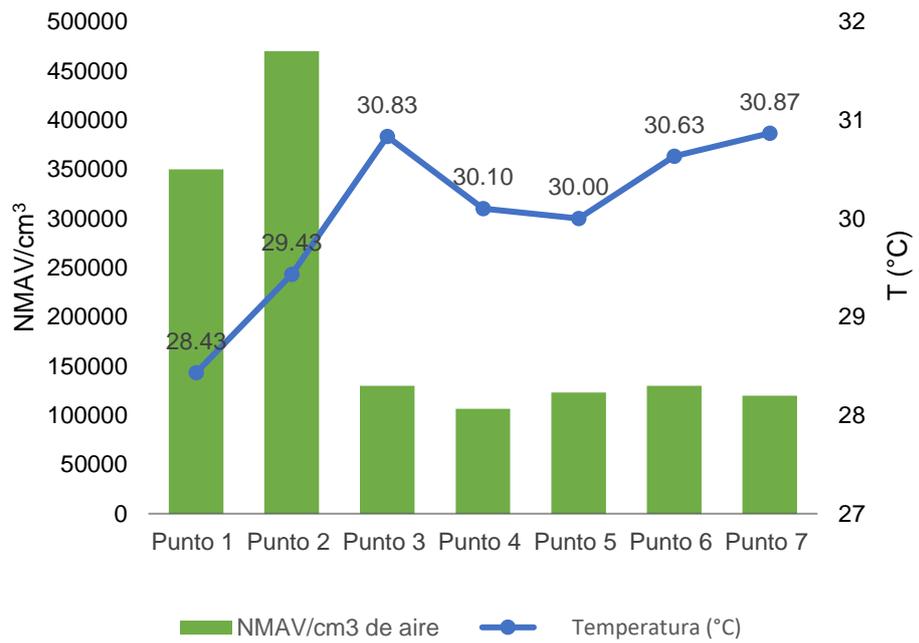


Figura 10. Relación entre la temperatura y NMAV/cm³ de aire del distrito de Castillo Grande.

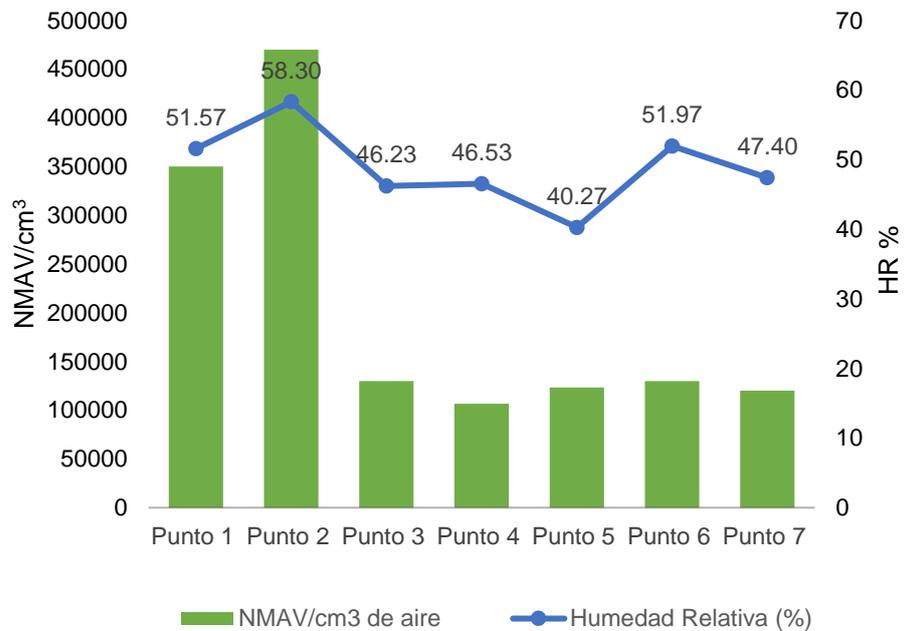


Figura 11. Relación entre el porcentaje de humedad relativa y NMAV/cm³ de aire del distrito de Castillo Grande.

4.3. Microorganismos encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande.

4.3.1. Especies de bacterias encontradas en el aire del Distrito de Castillo Grande

Los valores de las especies bacterianas en el aire de Distrito de Castillo Grande tuvieron como valor máximo de especies de bacterias registrados en el punto 5(Av. Unión Cdra. 12 – Expendios de comida) con valor de 9 especies y el valor mínimo se registró en los puntos 1(Av. José A. Quiñones Cdra. 1 – Altura del primer semáforo), 2(Av. San Martín Cdra. 5 – Altura de la I.E. Los Laureles), 3(Av. José C. Mariátegui Cdra. 4 – Altura del PEAH y recreo “El Mundialito”) y 6(Av. Unión Cdra. 15 – Altura del Centro de Salud Castillo Grande) con una sumatoria de 5 especies (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cuadro resumen de especies identificadas de bacterias presentes en el aire del distrito de Castillo Grande por punto de muestreo.

Punto de muestreo	Especies identificadas	N° de especies identificadas
	<i>Pantoea agglomerans, Staphylococcus</i>	
P1	<i>epidermidis, Enterobacter hofniae, Proteus mirabilis, Enterobacter cloacae</i>	5
	<i>Enterobacter aerogenes, Pantoea</i>	
P2	<i>agglomerans, Proteus mirabilis, Staphylococcus epidermidis, Clostridium sp.</i>	5

	<i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Bacillus sp.</i> ,	
P3	<i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Enterobacter</i> <i>hofniae</i> , <i>Clostridium sp.</i>	5

	<i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Enterobacter</i> <i>hofniae</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus</i> <i>epidermidis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Proteus</i> <i>mirabilis</i>	6
--	--	---

	<i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Enterobacter</i> <i>hofniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> ,	
P5	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus</i> <i>epidermidis</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Proteus mirabilis</i>	9

	<i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Proteus</i> <i>mirabilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> ,	
P6	<i>Lactobacillus sp.</i>	5

	<i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Enterobacter</i> <i>agglomerans</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> ,	
P7	<i>Enterobacter cloacae</i>	6

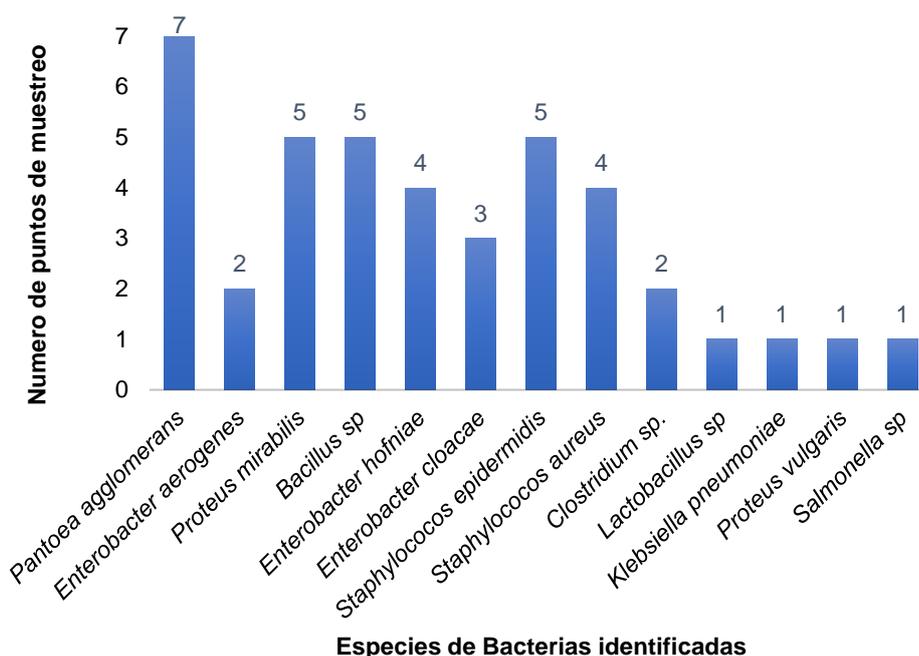


Figura 12. Predominancia de las especies bacterianas identificadas en los puntos muestreados del distrito de Castillo Grande.

La especie que tuvo una mayor predominancia ya que se registró en los 7 puntos de muestreo fue la *Pantoea agglomerans*, y las de menor predominancia fueron *Lactobacillus sp*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* y *Salmonella sp*, con presencias en solo un punto de muestreo (Figura 12).

4.3.2. Géneros fungi encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande

Los valores de los géneros de fungis encontrados en el aire del distrito de Castillo Grande, tuvo como valores máximos registrados en los puntos 1 (Av. José A. Quiñones Cdra. 1 – Altura del primer semáforo), punto 3 (Av. José C. Mariátegui Cdra. 4 – Altura del PEAH y recreo “El Mundialito”) y 7 (Av. Unión

Cdra. 17 – Altura de la I.E. Cesar Vallejo y el parque Castillo Grande) con un valor de 4 géneros identificados. Mientras el valor mínimo se registró en el punto 2(Av. San Martín Cdra. 5 – Altura de la I.E. Los Laureles), con un valor de 2 géneros fungis identificados. (Cuadro 8).

Cuadro 8. Cuadro resumen de géneros identificados de fungi presentes en el aire del distrito de Castillo Grande por punto de muestreo.

Punto de muestreo	Géneros identificados	N° de géneros identificados
P1	<i>Geotrichum, Fusarium, Penicillium, Botrytis</i>	4
P2	<i>Geotrichum, Aspergillus</i>	2
P3	<i>Geotrichum, Fusarium, Blastomyces, Monosporium</i>	4
P4	<i>Geotrichum, Aspergillus, Penicillium</i>	3
P5	<i>Geotrichum, Fusarium, Rhizopus</i>	3
P6	<i>Geotrichum, Aspergillus, Fusarium</i>	3
P7	<i>Geotrichum, Aspergillus, Candida, Rhizopus</i>	4

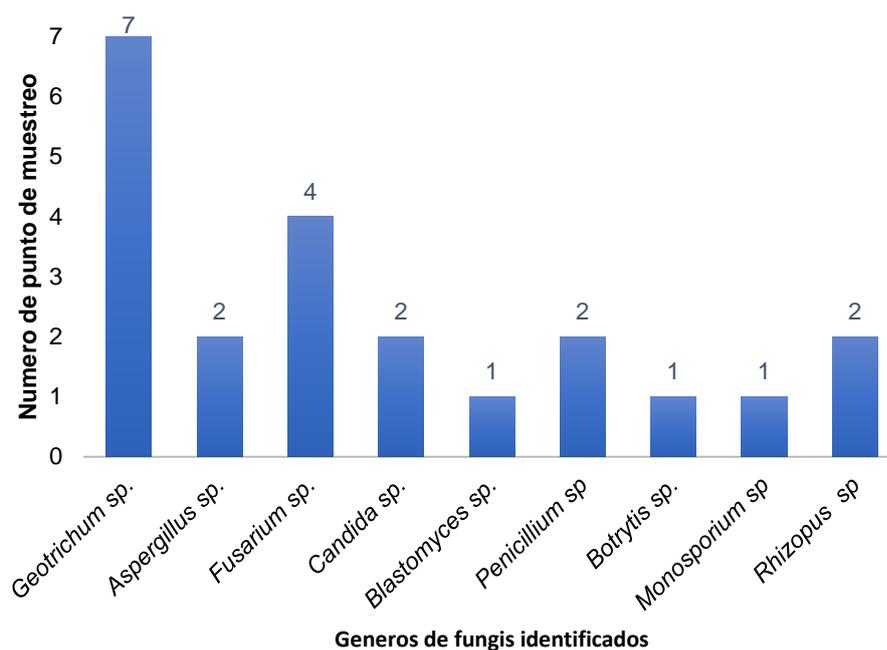


Figura 13. Predominancia de los géneros fungi hallados en los puntos muestreados del distrito de castillo grande.

El género fungí que tuvo una mayor predominancia ya que se registró en los 7 puntos de muestreo fue *Geotrichum sp.*, y las de menor predominancia fueron *Blastomyces sp.*, *Botrytis sp.*, y *Monosporium sp.*, con presencias en solo un punto de muestreo (Figura 13).

4.4. Patogenicidad de los microorganismos encontrados en el aire del Distrito de Castillo Grande

Para la determinación de la patogenicidad de las diferentes especies de bacterias y géneros fungís identificadas en el aire del Distrito de Castillo Grande, se utilizó referencias como las Organización Mundial de la Salud, JAWEST *et al.*2010, y ARENAS, 2008 entre otros, como podemos apreciar en los cuadros 9 y 10.

Cuadro 9. Cuadro resumen de las especies identificadas de bacterias halladas en el aire del distrito de Castillo Grande y la patogenia que presentan.

Especies identificadas	Patogenicidad
<i>Pantoea agglomerans</i>	Generador de cuadros infecciosos localizados (artritis, sinovitis), postraumatismo con plantas (KRATZ et al., 2003; DE CHAMPS et al., 2010; ANDERSSON et al., 1999).
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Causan cuadros de Infección respiratoria inferiores como la neumonía. De igual manera causan cuadros infecciosos en la piel y los tejidos subyacentes e infección en el tracto urinario (JAWEST et al., 2010).
<i>Proteus mirabilis</i>	Infecciones del tracto urinario (MOBLEY, H.L. 1994).
<i>Bacillus sp</i>	No son patógenos directos del humano, sino que llegan al humano cuando el sistema inmune de la persona esta inmunocomprometido (COMPENDIO DE MICROBIOLOGIA MÉDICA, 2014).
<i>Enterobacter hofniae</i>	Infecciones del tracto respiratorio y del tracto urinario.

<i>Enterobacter cloacae</i>	Oportunista. Puede provocar infecciones urinarias también pueden atacar al sistema respiratorio y provocar neumonía (SALUD y ENFERMEDAD, 2015).
<i>Staphylococcos epidermidis</i>	Son cocos gram-positivos, con presencia recurrente en la dermis del ser humano y de los animales, así mismo en las membranas mucosas. Cuadros Infecciosos en pacientes con inmunodeficiencias (ORLANDINI C., 2004).
<i>Staphylococcos aureus</i>	Infecciones cutáneas o mucosas, foliculitis abscesos de carácter profundos, meningitis, neumonía. Incluye infecciones epidérmicas, septicemia; esta especie bacteriana es más frecuentemente aislada en cuadros infecciosos que son adquiridos en la conglomeración comunitaria, al igual que en las infecciones nosocomiales, puesto que dicha bacteria también manifiesta una considerable facultad invasiva (ZENDEJAS <i>et al.</i> , 2014).
<i>Clostridium sp.</i>	Infecciones en pacientes con inmunodeficiencias desde intoxicación alimentaria hasta gangrena gaseosa (WELLS CL,1996).

<i>Lactobacillus sp.</i>	Habitualmente son benignas.
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Especie que origina una mínima proporción (aproximadamente de 1%) de las neumonías bacterianas. Consigue crear una necrosante consolidación pulmonar debido a una hemorragia amplia. Ocasiona en pacientes delicados cuadros infecciosos urinarios y bacteriemia con lesiones focales (JAWEST <i>et al.</i> , 2010).
<i>Proteus vulgaris</i>	Esta especie en el hombre ocasiona infecciones oportunistas como los abscesos hepáticos, meningitis, otitis media, neumonía con o sin empiema, enteritis donde afecta especialmente a infantes y por último causan infecciones urinarias con más del diez por ciento de complicaciones del tracto urinario que incluyen cálculos y daños celulares del epitelio renal (LARGO, 1973).
<i>Salmonella sp.</i>	Síntomas gastrointestinales, diarrea, fiebre, náuseas, vomitas, enteritis, Salmonelosis (gastroenteritis o envenenamiento por alimento).

Cuadro 10. Cuadro resumen de los géneros de fungi encontradas en el aire del distrito de Castillo Grande y la patogenia que presentan.

Géneros identificados	Patogenicidad
<i>Geotrichum sp.</i>	Genero oportunista, causa Infección pulmonar. Geotricosis en persona inmunocomprometidas (ARENAS, 2008).
<i>Aspergillus sp.</i>	Las afecciones que frecuentemente ocasiona son la rinitis alérgica del Tipo I y III, además el asma bronquial. Puede producir un cuadro clínico llamado Aspegilosis broncopulmonar alérgica y sinusitis alérgica (SNELLER, 1979).
<i>Fusarium sp.</i>	Genero oportunista, Mucormicosis cutánea en paciente inmunocomprometidos (LEVENTAKOS <i>et al.</i> , 2010).
<i>Candida sp.</i>	Candidiasis (infección vaginal, del intestino o de la cavidad oral, afecciones a las vías respiratorias). (LLOP, <i>et. al</i> , 2001).
<i>Blastomyces sp.</i>	Genero oportunista, produce infecciones crónicas, Blastomicosis (JAWEST <i>et al.</i> , 2010).

Penicillium sp. Comúnmente conocido como un alérgeno. Al ser humano le genera toxinas nocivas. Genera alergias del tipo I y III. Algunas especies pueden producir infecciones, peniciliosis (ARENAS, 2008). Se le vincula casualmente con neumonitis de hipersensibilidad. También es asociado con la rinitis y el asma (SERRAT C., *et al.*, 2006).

Botrytis sp. Hipersensibilidad y produce varias enfermedades vegetales.

Monosporium sp. Algunas infecciones cutáneas.

Rhizopus sp. En el suelo podemos encontrar a este hongo filamentoso, degradando las heces de animales como también restos de frutos, vegetales y residuos. Logran ocasionar cuadros infecciosos en el ser humano y en animales a causa de su acelerado desarrollo a temperaturas relativamente altas (SERRAT C., *et al.*, 2006). Mucormicosis cutánea, digestiva y respiratoria en pacientes inmunocomprometidos (RIDER *et al.*, 2000; KAUFFMAN, 2004).

4.5. Caracterización y medidas de mitigación de los puntos de muestreo.

Cuadro de caracterización, identificación de posibles fuentes de contaminación microbiana del aire y propuestas de medidas de mitigación.

Cuadro 11. Cuadro de caracterización de puntos de muestreo y medidas de mitigación

Punto	Dirección	Entorno	Posibles fuentes de contaminación microbiana del aire	Medidas de mitigación
1	Av. José A. Quiñones Cdra. 1	- Altura del primer semáforo.	- Flujo vehicular donde interceptan 3 vías - Cunetas, drenajes expuestos y empozadas. - Residuos sólidos expuestos	- Reconocimiento, supervisión y monitoreo de fuentes móviles y fuentes fijas que generan la contaminación del aire por microorganismos.
2	Av. San Martín Cdra. 5	- Institución educativa Los Laureles. - Zona residencial	- Flujo vehicular - Cunetas expuestas y empozadas	- vigilar y controlar establecimientos que expendan comidas y

		- Zona comercial (bodegas)	- Residuos sólidos expuestos - Heces de animales	orientarlas en medidas de higiene y sanidad.
3	Av. José C. Mariátegui Cdra. 4	- Institución del PEAH - Recreo "El Mundialito" - Recreo ALASKA - Zona Comercial (bodegas).	- Flujo vehicular - Cunetas, drenajes expuestos y empozadas - Residuos sólidos de actividades recreativas expuestos - residuos orgánicos de animales domésticos (heces)	- Difusión de disposiciones que ayuden a prevenir el conjunto de problemas en torno a la calidad del aire que influyen en la calidad de vida y salubridad del distrito. - Análisis de la situación en salud ambiental a través de la evaluación de monitoreo y seguimiento de la contaminación de medio aéreo por microorganismos y su efecto en la salud pública.
4	Av. Unión Cdra. 7	- Altura del ingreso a los recreos El rancho y Colindantes.	- Flujo vehicular - Cunetas y drenajes expuestos y empozadas	

		- I.E. de Ciencias		- Implementar contenedores para residuos sólidos y evitar así que estén expuesto al ambiente o animales domésticos circundantes y al mismo tiempo mitigar olores.
5	Av. Unión Cdra. 12	- Zona comercial de expendios de comida.	- Flujo vehicular - Cunetas, drenajes expuestos y empozadas - Residuos sólidos orgánicos expuestos - Animales domésticos que circundan la zona	- Mejorar la infraestructura de cunetas (taparlas). - Gestionar con las autoridades y entidades idóneas en torno
6	Av. Unión Cdra. 15	- Centro de Salud Castillo Grande. - Zona comercial (Bodegas y quioscos)	- Flujo vehicular - Cunetas, drenajes expuestos y empozadas - Residuos sólidos orgánicos expuestos	distrital como provincial para ejecutar la debida participación y mitigación de las fuentes de contaminación identificadas.

			- Residuos sólidos orgánicos expuestos
			- Flujo vehicular.
		- Altura de la I.E.	- Cunetas, drenajes expuestos y empozadas
7	Av. Unión Cdra. 17	Cesar Vallejo - Parque Castillo Grande	- Residuos orgánicos de animales domésticos (heces).

V. DISCUSIÓN

Para los valores de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y Humedad relativa (%) obtenidos por el presente trabajo de investigación, CRUZ *et al.* (2006), menciona que la humedad relativa con la temperatura presenta una variación inversamente proporcional; por lo tanto, la humedad relativa decrece cuando la temperatura se incrementa, esto se puede observar en las figuras 4 y 5, de los valores promedio obtenidos.

La relación que existe entre el NMAV/ cm^3 de aire con la temperatura es inversamente proporcional, esto lo confirma MOHR (1997), publica que la probabilidad de vida de los microorganismos va disminuyendo al incremento de la temperatura, dicha referencia confirma los resultados obtenidos en el estudio ya que se observó que en los puntos de muestreo donde hubo mayor temperatura, hubo menor número de microorganismos aerobios viables, como se observa en la Figura 10.

DE LA ROSA (2002), menciona que en el momento que la humedad relativa del medio aéreo decae, se minoriza el agua utilizable para los microorganismos ocasionando deshidratación y en consecuencia la inhabilitación de numerosos microorganismos, dicha referencia se confirma con

los resultados obtenidos en el estudio, en la Figura 11, donde se observa una relación directamente proporcional, que a menor porcentaje de humedad relativa hay menor NMAV/cm³ de aire.

BARREIRO y SANDOVAL (2006) mencionan que los mesófilos tienen temperaturas adecuadas de desarrollo generalmente entre 20 y 45 °C; precisamente porque la temperatura en el cuerpo del hombre es de 37 °C y se encuentran dentro de este rango, muchos de los microorganismos dañinos para el ser humano son de esta clase, con esto se confirma lo reflejado en la Figura 4 y en los Cuadros 9 y 10, ya que se presentaron valores de temperatura entre 28 – 31 °C , donde la temperatura máxima promedio se registró en el punto 7 con 30.87 °C y temperatura mínima promedio se registró en el punto 1 con 28.43, los cuales se encuentran dentro del rango favorable relacionados con los microorganismos patógenos.

LLOP *et al.* (2001), menciona que el desarrollo microbiológico estaría influenciado por una cantidad de causantes físicos como nutricionales. Los causantes físicos lo forman: humedad, temperatura, luminosidad, oxígeno, material particulado y la concentración de microorganismos en el aire con respecto a la variación de la temperatura con humedad relativa. Así mismo CRUZ *et al.* (2006) menciona que la para el desarrollo de los microorganismos la humedad relativa es un factor fundamental cuando se halla en un promedio del 50%, esta teoría se confirma en la figura 5 y en el cuadro 4, donde se observa que en el punto 2 presenta un mayor promedio obtenido de humedad relativa

con 58.30% y un mayor promedio obtenido de número de microorganismos aeróbicos viables con un valor de 470×10^3 NMAV/cm³ de aire, esto se debe a que dicho punto está ubicado en la Av. San Martín Cdra. 5 – Altura de la I.E. Los Laureles, dicho punto es cercano al río Huallaga por lo mismo las brisas que trae consigo incrementa el valor de vapor de agua en la zona.

al manifestarse una mínima humedad relativa, hay potenciales efectos adversos a presentarse en la salud humana, provocando que las fosas nasales y faringe se sequen, lo que facilitaría estar más vulnerables frente a los agentes patógenos que están inmersos en el medio aéreo (CRUZ *et al*, 2006), asimismo la radiación solar disminuye la cantidad de microorganismos en el aire, ya que los rayos UV destruyen a estas células.

En el cuadro 6 se puede observar la estadística descriptiva por las zonas de muestreo para los valores de número de microorganismos aerobios viables totales y arrojan que el punto que presenta datos más dispersos en NMAV/cm³ de acuerdo con los estadísticos descriptivos es el punto 1 con un coeficiente de variación del 98.85%. Mientras el más homogéneo fue el punto 4 con un coeficiente de variación del 28.64%.

ATLAS y BARTHA (2002), menciona que los microorganismos sostienen un reducido desplazamiento de unos pocos milímetros en torno al ambiente, sin embargo, escasos microorganismos resisten el traslado a extensos recorridos a causa de las adversidades del ambiente, esto se confirma

con lo observado en el Cuadro 7 y 8, porque algunas especies de bacterias y géneros de fungi se presentan en todos los puntos de muestreo y en otros puntos no.

La especie de bacteria que se presentó en todos los puntos de muestreo como se observa en la figura 12 es la *Pantoea agglomerans*, una enterobacteria aislada frecuentemente en plantas, frutas y vegetales, pero que también se ha encontrado en heces humanas y de animales. La presencia de esta bacteria en todos los puntos puede deberse a la crianza de animales domésticos y algunos animales sin hogar en la zona (ANDERSSON *et al.*, 1999). Como patógeno, se ha descrito clásicamente como generador de cuadros infecciosos localizados (artritis, sinovitis), postraumatismo con plantas.

Según NICOLLE (2006), existen 35 especies del género *Staphylococcus* y tres de ellas son de importancia clínica entre los que se encuentran *S. aureus* y *S. epidermidis*, en donde el *S. aureus* es el patógeno más significativo de este género para el hombre y se registró en 4 puntos, mientras el *S. epidermidis* se registró en 5 puntos y es asociado con infecciones en pacientes con inmunodeficiencias, estas especies de bacterias fueron encontrados en los puntos de muestreo del aire del distrito de Castillo Grande como lo demuestra el Cuadro 7 y Figura 12

En la figura 12 del presente trabajo de investigación se observa que las especie de bacterias *Enterobacter aerogenes* se registró en 2 puntos, *E.*

hofniae se registró en 4 puntos y *E. cloacae* se registró en 3 puntos de muestro, no es causa de alarma porque CRUZ *et al.* (2006), menciona que gran mayoría de microorganismos pertenecientes del género *Enterobacter* son oportunistas y tienen la facultad de generar cuadros infecciosos en cualquier zona del organismo habitado más aún si este se encuentra afectado con inmunodeficiencia.

En el cuadro 7 del presente trabajo de investigación se observa que el punto donde se registró el mayor número de especies identificadas de bacterias fue el punto 5 (Av. Unión Cdra 12 – Expendios de comida) con 9 especies diferentes entre ellos la *Salmonella sp.* esto puede deberse a las condiciones insalubres de la zona ya que es una zona donde se ubican muchos puestos de comida y de las casas con poca higiene las cuales indirectamente pueden influenciar sobre la composición microbiológica del aire.

La patogenia de los diversos microorganismos encontrados varía de acuerdo a la especie identificada, en el distrito de Castillo Grande se identificó a *Klebsiella pneumoniae* ocasiona en pacientes delicados cuadros infecciosos urinarios y bacteriemia con lesiones focales (JAWEST *et al.*, 2010), esta bacteria solo se identificó solo en un punto. *Proteus mirabilis* y *Proteus vulgaris* especies oportunistas relacionadas a infecciones del tracto urinario (LARGO *et al* 1973). *Bacillus sp.* el cual no es patógeno directo para el humano, pero si para animales y por último *Lactobacillos sp.* que es una especie en su mayoría considerada benigna (Cuadro 9).

HUAN. (2002), los componentes que se dispersan en el aire incluyen a los fungi y a las bacterias, estos se identifican como causantes de cuadros epidemiológicos y de causar ciertas alergias como son la neumonía, el asma, sinusitis alérgica, hipersensibilidad, rinitis. La concurrencia de microorganismos fungi: *Geotrichum sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Candida sp.*, *Blastomyces sp.*, *Penicillium sp.*, *Botrytis sp.*, *Monosporium sp.*, *Rhizopus sp.*, en el aire encontrados en las diferentes zonas de estudio del presente trabajo.

En la figura 13 se observa que los géneros de fungi con mayor predominancia son *Geotrichum sp.* y *Fusarium sp.* con presencia en 7 y 5 puntos y los de menor predominancia los géneros *Blastomyces sp.*, *Botrytis sp.* y *Monosporium sp.* con presencias registradas en solamente en un punto de muestreo. Esto se debe a poca viabilidad de algunos microorganismos y las condiciones físicas que difieren las zonas de muestreo del presente trabajo de estudio.

En el cuadro 10 se observa los géneros fungi encontrados en el distrito de castillo grande, según CRUZ *et al.* (2006), los géneros fungi patógenos oportunistas y de mayor peligro en torno a la salud del ser humano, son *Aspergillus* y *Penicillium*, puesto que estos son responsables de ocasionar diversas alergias. CHURBA (2008), menciona que las esporas de *Aspergillus sp.* están suficientemente esparcidas en el medio ambiente. Se considera que el hombre aspira cerca de 200 esporas diarias. Dichas esporas habitualmente son suprimidas por el sistema inmunológico. Del mismo modo ocurre con todas las

especies de bacterias y géneros de fungi encontrados en distrito de Castillo Grande.

En el cuadro 11 se propuso las medidas de mitigación después de identificar posibles fuentes de contaminación microbiana del aire por medio de registros fotográficos (ver anexo E) en los puntos de muestreo.

VI. CONCLUSIÓN

1. El valor máximo de temperatura promedio se registró en el punto 7 con 30.87°C y el valor mínimo promedio se registró en el Punto 1 con 28.43°C. El valor de la humedad relativa máximo promedio se registró en el punto 2 con 58.30% y el valor mínimo promedio se registró en el punto 5 con 40.27%, siendo estos inversamente proporcional.
2. Se determinó el número de microorganismos aerobios viables totales por centímetro cubico de aire (NMAV/cm³) del distrito de Castillo Grande, cuyo valor máximo fue registrado en el punto 2 con 470x10³ NMAV/cm³ y el valor mínimo fue registrado en el punto 4 con 107x10³ NMAV/cm³
3. Las especies de bacterias encontradas en el aire del distrito de Castillo Grande fueron trece: *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus sp.*, *Enterobacter hofniae*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Clostridium sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella sp.* y los géneros de fungi fueron nueve: *Geotrichum sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Candida sp.*, *Blastomyces sp.*, *Penicillium sp.*, *Botrytis sp.*, *Monosporium sp.* y *Rhizopus sp.*

4. Doce especies bacterianas encontradas en el aire del distrito de Castillo Grande son patógenas, de las cuales *Pantoea agglomerans*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus sp.*, *Staphylococcus epidermidis* y *Staphylococcus aureus* son los más predominantes; los nueve géneros fungi son patógenos, de los cuales *Geotrichum sp.* y *Fusarium sp.* son los más predominantes. La presencia de estas especies y géneros indica que existe contaminación microbiológica en el aire del distrito de Castillo Grande.

5. Se propuso medidas de mitigación para los lugares en los que se detectó contaminación microbiana del aire de acuerdo a lo hallado en los puntos de muestreo del distrito de Castillo Grande.

VII. RECOMENDACIONES

1. Ejecutar monitoreos con mayor frecuencia, por fases de tiempo más extendidos y en diferentes puntos de muestreo que comprendan todas las estaciones climatológicas en el año, de esa manera poseer un gran número de datos que faciliten, de una manera más exacta, predecir la distribución de los microorganismos presentes en el medio aéreo.
2. Sugerir la mejora de las condiciones de salubridad de los puestos de comida rápida de las diferentes zonas a lo largo del distrito de Castillo Grande, por las instituciones competentes.
3. Es recomendable identificar a los Fungís a nivel de especie, para establecer de una manera más precisa la patogenicidad que presenta.

VIII. ABSTRACT

MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION OF AIR FOR BACTERIA AND FUNGI IN THE DISTRICT OF CASTILLO GRANDE-LEONCIO PRADO

The present investigation was carried out with the objective of determining the microbiological contamination of the air by bacteria and fungi in the Castillo Grande district by identifying species or genera of pathogenic microorganisms and quantifying the number of total viable aerobic microorganisms per cubic centimeter of air (NMAV/cm³) with its relationship with temperature and relative humidity, for which 7 sampling points were determined which were chosen according to the largest number of people and vehicles; in addition, the schedule in which it occurred was identified. For air sampling, the IMPHINGER method was used and the analysis of air samples was carried out in the Microbiology Laboratory of the National Agrarian University of La Selva during the months of June, July and August 2017. The sampling point where the highest number of viable aerobic microorganisms was recorded was in av. San Martín cdra. 5 with 470×10^3 NMAV/cm³ and the lowest number of viable aerobic microorganisms was recorded in av. Unión cdra. 7 with 107×10^3 NMAV/cm³.

The species of bacteria found were thirteen: *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus sp.*, *Enterobacter hofniae*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella sp.* Of which, twelve are pathogenic, predominantly *Pantoea agglomerans*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus sp.*, *Staphylococcus epidermidis* and *Staphylococcus aureus*. The nine genera of fungi identified are pathogens: *Geotrichum sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Candida sp.*, *Blastomyces sp.*, *Penicillium sp.*, *Botrytis sp.*, *Monosporium sp.* and *Rhizopus sp.* of which *Geotrichum sp.* and *Fusarium sp.* they are in greater numbers. The presence of these species and genera indicates that there is microbiological air pollution in the Castillo Grande district.

Some mitigation measures were proposed for the places where contamination was detected: monitoring and surveillance of mobile and fixed sources that generate contamination of the air environment by microorganisms; monitor and control establishments that sell food and guide them in hygiene and sanitation measures; implement containers for solid waste and thus avoid being exposed to the environment, to surrounding domestic animals and at the same time mitigate bad odors; improve gutters and drains; promote the management of the appropriate institutions at the district and / or local level to carry out interventions that correct the environmental offenses and / or crimes in which they incur

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- ANDERSSON, A., WEISS, N., RAINEY, F., SALKINOJA-SALONEN, M. 1999. Dust-borne bacteria in animal sheds, schools and children's day care centres. *J Appl Microbiol*; 86: 622-34.
- ARENAS, R. 2008. *Micología médica ilustrada*. Universidad Autónoma de México. Mc Graw Hill, 3ra Edición. México D. F. México.
- ATLAS, R; BARTHA, M. *et al.* 2002. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Addison Wesley, cuarta edición, 696p.
- BARNETT, H. L. 1970. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 2 ed. Burgess publishing company. London, England. 226 p
- BARREIRO, J., SANDOVAL, A. 2006. *Operaciones de conservación de alimentos para bajas temperaturas*. Ed. Equinoccio. 345 p.
- BARTRAM, J. 2003. *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. Serie de la OMS Emerging Issues in Water and Infectious Disease. Londres (Reino Unido), IWA Publishing.
- BOGOMOLOVA, E., KIRTSIDELI, I. 2009. Airborne fungi in four stations of the St. Petesburg underground railway system. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 160 p.

- BRADSHAW, L. 1997, Microbiología de laboratorio, Editorial El Manual Moderno, México.
- BORREGO, S., PERDOMO, I., DE LA PAZ, J., GOMEZ, S., GUIAMET, P. 2011. Relevamiento microbiológico del aire y de materiales almacenados en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba. La Plata, Argentina. Sección Botánica, 18 (119): 1-18.
- BOVALLIUS, A., BUTCH, B., ROFFEY, R., y ANAS, P. 1978. «Three-year investigation of the natural airborne bacterial flora at four locations in Sweden». Applied and Environmental Microbiology, 852 p.
- BUCHTA, V. y OTCENASEK, M. 1988. Geotrichum candidum--an opportunistic agent of mycotic diseases. Geotrichum candidum - un agente oportunista de las enfermedades micóticas. Mycoses. Micosis.
- CARRILLO, L. 2003. Microbiología Agrícola. Capítulo 1. [En línea]: UNAS, (www.unsa.edu.ar/matbib/micragri/micagricap1.pdf, 13 Julio. 2015).
- me
- CRUZ, O., JIMENEZ, P. 2006. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM2.5 y PM10) en la localidad de puente Aranda. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería ambiental y sanitaria. Bogotá D.C.
- COMPENDIO DE MICROBIOLOGIA MÉDICA. 2014. Bacillus spp. [En Línea] Microbiología (<https://carlaurrutia87.wordpress.com/2014/03/24/bacillus-anthraxis>. 15 Oct. 2017).

- DE CHAMPS, C, LE SEAUX, S, DUBOST, J, BOISGARD, S. 2000. Isolation of *Pantoea agglomerans* in two cases of septic mono arthritis after plant thorn and wood sliver injuries. J Clin Microbiol; 38:460-1
- DE LA ROSA, M., MOSSO, M., ULLÁN, C. 2002. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Observatorio Medioambiental. 5 ed. pp. 375 - 402.
- DEVI, Q. R., POLASA, H. 1987. Interference in toxin production among toxigenic *Aspergillus* species. Journal of Stored Products Research
- FONT, I. 1991, Inocencio. El hombre y su ambiente atmosférico. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid-España.
- GARCÍA, P., GARCÍA, R., DOMÍNGUEZ, I. *et al.* 2001. Otomicosis: aspectos clínicos y microbiológicos. [En línea]: Rev Diagn Biol. Vol 5. 776p.
- GARRETT, M. H., RAYMENT P. R., HOOPER M. A., ABRAMSON M. J., HOOPER B. M. 1998. Indoor airborne fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children. Clin Exp Allergy. 467p.
- GILCHRIST, L., FUENTES, G., MARTINEZ-CANO, C. 1995. Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada. CIMMYT. 64p.
- HERNÁNDEZ, I., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2014. Metodología de la investigación 6 Ed. McGraw-Hill. México D.F.
- HERRERA, K. 2009. Impacto de la calidad microbiológica del aire externo en el ambiente interno en la salud del personal de cuatro laboratorios de

instituciones públicas en la Ciudad de Guatemala y Bárcenas Villa Nueva.
564 pg.

HUANG, C., LEE, C., LI, F., SU, H. 2002. The Seasonal Distribution of Bioaerosols in Municipal Landfill Sites: a 3-yr Study. Atmospheric Environment. [En línea]: Inter Science (www3.interscience.wiley.com). Consultado en mayo.18.2009.

INTERNATIONAL COMISION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). 1998. Microorganismos de los alimentos. Características de los patógenos microbianos. Edit. Acribia. Zaragoza (España), 606 p.

JAWEST, E., MELNICK, J., ADELBERG E. 2010. Microbiología Médica. McGraw Hill Lange. 25a Edición, México D. F. México.

KAUFFMAN, C. 2004. Zygomycosis: Reemergence of an old pathogen. Clin Infect Dis. 39: 588-90.

KONEMAN, E., ALLEN, S. 2008. Diagnóstico microbiológico. Ed. Médica Panamericana. 1691 p.

KRATZ, A., GREENBERG, D., BARKI, Y., LIFSHITZ, M. 2003. *Pantoea agglomerans* as a cause of septic arthritis after palm tree thorn injury; case report and literature review. Arch Dis Child; 88: 542-4.

LARGO, R., DONOSO, J., PRUYAS, M. 1973. Neumopatía a proteus. Rev. Chilena Pediatría. VoL 44, N9 4,

LEVENTAKOS, K., RUSSELL, E., KONTOYIANNIS, D. 2010. Fungal infections in leukemia patients: How do we prevent and treat them? Clin Infect Dis. 50: 405-15.

- LLOP, H., VALDÉS-DAPENA, V., ZUAZO, S. 2001. Microbiología y parasitología médicas. Tomo I. Centro Nacional de Información de ciencias médicas, Ciudad de la Habana. 531 pg.
- LÓPEZ, C. 2010. Protocolos de prácticas de Microbiología Ambiental. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- LÓPEZ, M. 2005. Ecología de los hongos patógenos para el hombre. Sociedad Mexicana de Micología México. Revista Mexicana de Micología, núm. 21, pp. 85-92.
- MANDELL, G., BENNETT, J., DOLIN, R. 2006. Enfermedades infecciosas. Elsevier, España.
- MARTINEZ, B. 2003. Estudio de especies mico toxígenas del género *Penicillium*. Universidad autónoma de Barcelona. Facultad de veterinaria. 288 pg.
- MÉNDEZ, C. A., CAMACHO, J., ECHEVERRY, S. 2015. Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva, Colombia, Revista de Salud Pública, vol. 17, n. o 5, pp. 728–737.
- MISHALSKI, S. 1985. Un modelo de regulación de la humedad relativa. Instituto de Conservación, Ottawa. Museum 5. pp.130.
- MOBLEY, H. L., ISLAND, M. D. Y MASSAD, L. 1994. Virulence determinants of uropathogenic *Escherichia coli* and *Proteus mirabilis*. Kidney Int. Supple. . Nov; 47: S129-36.
- MOHR, A. J. 1997. Fate and transport of microorganisms in air». En: Hurst, C. J. *et al.* ed. Manual of environmental microbiology. Ed. American Society for Microbiology. Washington.

- MONTAÑO, N., SANDOVAL, A., CAMARGO, S., SÁNCHEZ, L. 2010. Los microorganismos: pequeños gigantes. 77 p.
- NELSON, P. E., TOUSSOUM, T. A., MARASAS, W. F. 1983. *Fusarium species. An illustrated manual for identification.* University Park: Pennsylvania State University Press.
- NICOLLE, L. 2006 A Practitioner's Guide CMAJ Community-acquired; Vol: 1 pp. 175-145.
- OMS. 2004. Guías para la Calidad del aire. Traducción realizada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS), agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). Lima. 239 p.
- ORLANDINI, C. 2004. Piel sana y manto ácido. *Folia dermatol. Perú* 15(2): pp. 121-124
- PATHIRANE, L. 1975. Aerobiological literatura in scientific periodicals. *Grana*, 15: pp- 145-147.
- PASTOR, P. 2010. *Microbiología del aire.* Editorial Velázquez. Madrid, España.
- PALAVECINO, E. 2002. Clinical Laboratory Standards para el estudio de susceptibilidad en microorganismos fastidiosos y en microorganismos que presentan mecanismos de resistencia difíciles de detectar. *Rev Chil Infect*, 19 (Supl. 2): pp. 129-134
- PELCZAR, M. J., REID, R. D., CHAN, E. C. 1993. *Microbiología.* Cuarta Edición. Editorial Mc Graw – Hill. México. 36 pg.
- PDC LEONCIO PRADO, 2015. Plan de desarrollo concertado de la provincia de Leoncio Prado. [En Línea]: (<http://www.munitingomaria.gob.pe/mplp/>)

sites/default/files/mplp/documentosdegestion/PDC2008-2015.pdf)

POTTS, M. 1994. Desiccation tolerance of prokaryotes. *Microbiological Reviews*.

Páginas 58: 755 - 805.

ROMERO, R. 2007. *Microbiología y parasitología humana*. Ed. Médica

Panamericana. México. 1802 p.

SALUD Y ENFERMEDAD. 2014. *Enterobacter cloacae* síntomas. [En Línea]

Enterobacter cloacae ([http://salud.fdctimes.com/esp-conditions-](http://salud.fdctimes.com/esp-conditions-treatments/esp_infectious_diseases/1008041904.html)

[treatments/esp_infectious_diseases/1008041904.html](http://salud.fdctimes.com/esp-conditions-treatments/esp_infectious_diseases/1008041904.html) salud y

[enfermedad](http://salud.fdctimes.com/esp-conditions-treatments/esp_infectious_diseases/1008041904.html) 2015. 15 oct. 2017).

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROGRAFIA DEL PERÚ

(SENAMHI) 2008. La temperatura. Capítulo 3. [En línea]:

(www.senamhi.gob.pe/pdf/manualmeteo/cap3.pdf, 2008).

SERRAT, C., MAGRANER, J., GUNA, R., DOMINGUEZ, V., GUERRERO, R.,

2006. *Penicillium marneffe* y *Peniciliosis*. Control calidad SEIMC.

SNELLER, M.R., ROBY, R.R. 1979. Incidence of fungal spores at the homes of

allergic patients in an agricultural community. I. A 12-month study in and

out doors. *Ann. Allergy*. 43(4): 225-228.

SORIANO, J. 2007. *Micotoxinas en alimentos*. Ediciones Díaz de Santos. 396 p.

STETZENBACH, L. D. 1997. Introduction to aerobiology. In: *Manual of*

Environmental Microbiology. (Hurst, C. J., G. R. Knudsen, M. J.

McInerney, L. D. Stetzenbach, M.V. Walter, Eds.), ASM Press.

Washington, D.C. pp. 619-628.

TORTORA, G., FUNKE, B., CASE, C. 2007. *Introducción a la Microbiología*. Ed.

Médica Panamericana. 959 p.

- TROLLER, J. A. 1976. Staphylococcal growth and enterotoxin production-factors for control. *Journal of Milk and Food Technology (JMFT)*, 39(7), 499-503.
- UNDERWOOD, E. 1992. Ecology of microorganisms as it affects the pharmaceutical industry». En: Hugo, W. B. and Russell, A. D. (ed). *Pharmaceutical microbiology*. 5^o Edic. Edit. Black well Scientific Publication. London.
- VAQUERO DE LA HOZ, M. 2011. Calidad del aire interior (IAQ) en las edificaciones hospitalarias. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales. Valladolid. 688p.
- VARGAS, K. 2011. Indicadores microbiológicos de calidad ambiental del botadero la Muyuna. 16 p.
- WAERHAUG, J. 1956. Effect of rough surfaces upon gingival tissue. *Journal of Dental Research*, 35(2), 323-325.
- WAGGONER, P. E., GREEN, J. S. A., & SMITH, F. B. 1983. The Aerial Dispersal of the Pathogens of Plant Disease [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 302(1111), 451-462.
- WELLS CL, WILKINS TD. 1996. Otros Intoxicaciones Alimentarias Clostridia Patógenas y Clostridium perfringens en: *Baron's Medical Microbiology Univ of Texas Medical Branch*. 4^a edición.
- YASSI, A. *et al.* 2002. Salud ambiental básica. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Boulevard de los Virreyes 155, Col. Lomas de Virreyes 11000, México D.F., México. Primera edición. 551p.

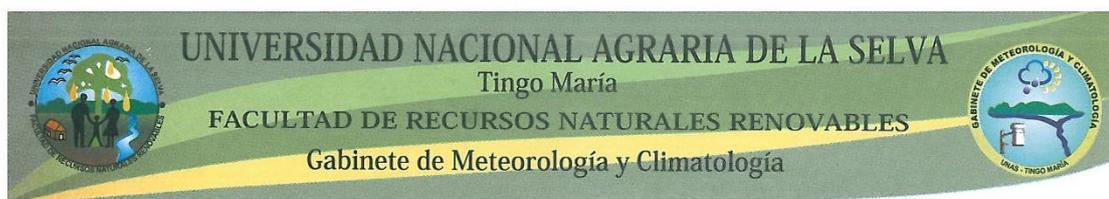
ZENDEJAS, G., AVALOS, H., SOTO, Y. 2014. Microbiología general de *Staphylococcus aureus*: Generalidades, patogenicidad y métodos de identificación. Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, México. Rev. Biomed; 25: 129-143.

ANEXO

ANEXO A. CUADROS COMPLEMENTARIOS

Cuadro 12. Hora de medición de parámetros físicos.

PUNTOS DE MUESTREO	1ra Repetición - JUNIO			2da Repetición - JULIO			3ra Repetición - AGOSTO		
	T°	Humedad	Hora	T°	Humedad	Hora	T°	Humedad	Hora
P1	29.1	42.9	11:15	27.3	53	11:10	28.5	58.8	11:30
P2	31.5	56.2	11:25	28	56.1	11:25	28.8	62.6	11:45
P3	30.8	47.5	11:35	27.9	37.5	11:35	33.8	53.7	12:05
P4	30.5	50	11:55	27.2	38.8	11:47	32.6	50.8	12:25
P5	32.5	40.1	12:05	26.8	40.1	12:00	30.7	40.6	12:42
P6	32.1	56	12:20	29.7	50.4	12:15	30.1	49.5	12:56
P7	32.2	31.4	12:35	28.8	61.1	12:30	31.6	49.7	13:05



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Tingo María, 17 de Julio de 2018

ESTACIÓN : TINGO MARÍA
MES : JUNIO 2017

Coordenadas Geográficas:

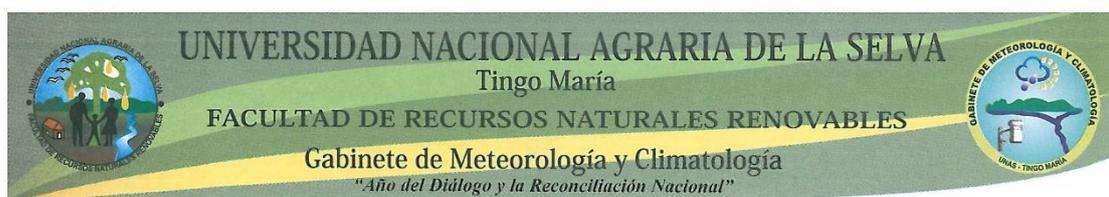
Latitud: 09° 18' 00" Sur Longitud: 76°01' 00" Oeste Altitud 660 msnm

DÍA	VELOCIDAD DEL VIENTO Km./Hora	DIRECCIÓN DEL VIENTO	
1	0.10	SSE	163.20
2	1.25	SSE	159.81
3	4.77	SSE	163.51
4	2.51	ENE	77.39
5	2.95	ESE	112.40
6	2.35	E	94.80
7	4.06	ESE	120.87
8	0.91	SE	127.42
9	0.67	E	96.19
10	9.55	E	97.53
11	0.59	E	92.66
12	0.95	E	98.65
13	7.13	E	86.34
14	4.54	ESE	101.55
15	5.56	E	99.52
16	1.45	E	81.28
17	6.36	E	85.68
18	1.01	ENE	79.139
19	4.98	ENE	75.062
20	2.94	E	80.50
21	0.5	E	82.56
22	0.64	E	80.952
23	4.0	E	80.99
24	7.59	E	90.30
25	8.14	E	86.149
26	5.48	E	92.60
27	7.58	ESE	102.60
28	7.48	E	97.74
29	0.63	E	97.48
30	1.23	ENE	82.82
31			

SSE : Sur Este Este
E : Este
ESE : Este Sur Este
ENE : Este Norte Este

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
GABINETE DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA
Ing. Msc. Lucio Márquez De Lara Suárez
JEFE

Figura 14. Cuadro de velocidades y dirección de viento para el mes de Junio del 2017.



Tingo María, 17 de Julio de 2018

ESTACIÓN : TINGO MARÍA
MES : JULIO 2017

Coordenadas Geográficas:

Latitud: 09° 18" 00" Sur Longitud: 76°01' 00" Oeste Altitud 660 msnm

DIA	VELOCIDAD DEL VIENTO Km./Hora	DIRECCIÓN DEL VIENTO	
1	0.51	E	94.25
2	0.17	ENE	70.62
3	2.6	ENE	68.65
4	6.08	E	82.18
5	2.01	E	87.30
6	8.41	E	93.69
7	2.89	ENE	73.07
8	1.02	ENE	65.13
9	4.51	E	84.045
10	7.25	E	82.21
11	8.18	ESE	116.95
12	4.86	ENE	79.33
13	6.42	E	97.30
14	3.88	ESE	124.27
15	6.22	SE	139.205
16	5.21	ESE	127.02
17	2.17	ESE	112.71
18	7.97	ENE	69.75
19	1.99	ENE	59.18
20	10.04	ENE	69.75
21	2.0	E	95.88
22	6.13	ESE	102.11
23	7.78	ESE	123.77
24	4.43	ESE	100.01
25	4.99	E	85.95
26	4.07	E	890.64
27	11.93	ESE	111.99
28	9.0	ESE	117.61
29	17.24	ESE	99.01
30	6.81	E	97.56
31	2.16	E	88.81

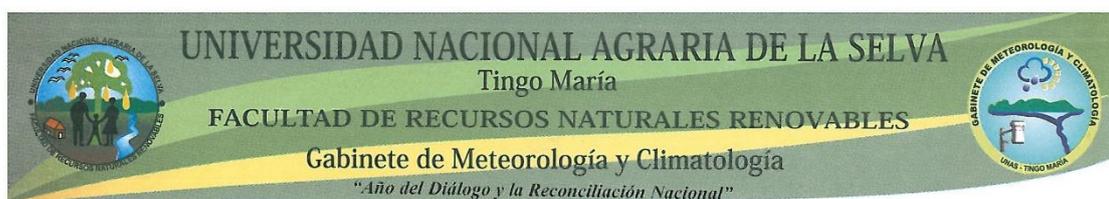
SSE : Sur Este Este
E : Este
ESE : Este Sur Este
ENE : Este Norte Este

UNAS - TINGO MARÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
GABINETE DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Ing. Msc. Lucio Manrique De Lara Suárez
JEFE

Figura 15. Cuadro de velocidades y dirección de viento para el mes de Julio del 2017.



Tingo María, 17 de Julio de 2018

ESTACIÓN : TINGO MARÍA
MES : AGOSTO 2017

Coordenadas Geográficas:

Latitud: 09° 18" 00" Sur Longitud: 76°01' 00" Oeste Altitud 660 msnm

DÍA	VELOCIDAD DEL VIENTO Km./Hora	DIRECCIÓN DEL VIENTO	
1	12.04	ENE	68.74
2	3.88	ENE	79.73
3	8.62	E	95.84
4	7.03	E	93.81
5	1.23	E	81.12
6	6.59	E	92.21
7	10.06	E	98.75
8	11.98	E	95.31
9	5.1	ENE	72.16
10	20.67	ENE	72.49
11	4.22	E	92.77
12	4.44	ESE	105.09
13	3.17	E	89.46
14	3.22	ESE	104.91
15	7.72	E	85.63
16	3.73	E	89.91
17	2.71	ENE	79.16
18	3.84	E	90.68
19	12.22	E	83.21
20	14.59	E	91.32
21	4.36	ENE	68.15
22	3.59	ENE	77.38
23	3.45	E	95.28
24	7.36	ENE	78.85
25	5.0	E	82.05
26	10.55	ENE	73.32
27	8.07	E	90.96
28	8.5	ENE	57.71
29	0.7	ENE	73.01
30	4.45	E	97.63
31	5.83	E	84.70

SSE : Sur Este Este
E : Este
ESE : Este Sur Este
ENE : Este Norte Este

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
GABINETE DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Ing. Msc. Lucio Manrique De Lara Suárez
JEFE

Figura 16. Cuadro de velocidades y dirección de viento para el mes de agosto del 2017

Cuadro 13. Tabla de pruebas bioquímicas

PRUEBA BIOQUÍMICA	ESCHERICHIAEA		EDWARDSIELLEAE	SALMONELLA				KLEBSIELLEAE				PROTEAE									
	Escherichia	Shigella	Edwardsiella	Salmonella	Citrobacter		Klebsiella	Enterobacter			Serratia		Proteus			Providencia					
					Arizona	Freundii		diversus	pneumonia	cloreae	aerogenes	hafniae	agglomerans	marcescens	liquefaciens	rubidaea	vulgaris	mirabilis	morgani	rettgeri	alcalifaciens
INDOL	(+)	(- 0 +)	(+)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(- 0 +)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
MORILITY (SIM)	(+ 0 -)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+ 0 -)	(+)	(+)	(+ 0 -)	(+)	(+)	(+ 0 -)	(+)	(+)	(+)
ROJO METILO	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(- 0 +)	(-)	(-)	(+ 0 -)	(- 0 +)	(+ 0 -)	(+ 0 -)	(+ 0 -)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
VOGES-PROSKAUER	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+ 0 -)	(+ 0 -)	(+)	(+ 0 -)	(+)	(-)	(+ 0 -)	(-)	(-)	(-)	(-)
LISINA DESCARBOXILASA (LIA)	(d)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+ 0 (+))	(+ 0 (+))	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
LACTOSA (TSI) Pico	(+)	(-)¹	(-)	(-)	(d)	(+ 0 +)	(d)	(+)	(+ 0 (+))	(+)	(d)	(d)	(-)	(d)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
SACAROSA (TSI)	(d)	(-)¹	(-)	(-)	(-)	d	(- 0 +)	(+)	(+)	(+)	(d)	(d)	(+)	(+)	(+)	(+)	(d)	(-)	(d)	(d)	(+ 0 +)
GRAS FROM GLUCOSE (TSI) Fondo	(+)	(-)¹	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(- 0 +)	(+ 0 -³)	(+ 0 -)	(d)	(+ 0 -)	(+)	(+ 0 -)	(- 0 +)	(+ 0 -)	(-)
HYDROGN SULFIDE (TSI)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+ 0 -)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)
CITRATO DE SIMONS	(-)	(-)	(-)	(d)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(d)	(d)	(+)	(+)	(+ 0 -)	(d)	(+ 0 -)	(-)	(+)	(+)	(+)
MALONATE	(-)	(-)	(-)	(-)	j	(- 0 +)	(+)	(+)	(+ 0 -)	(+ 0 -)	(+ 0 -)	(+ 0 -)	(-)	(-)	(+ 0 -)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
UREA	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	d ^h w	d ^h w	(+)	(+ 0 -)	(-)	(-)	d ^h w	d ^h w	d ^h w	d ^h w	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)

Cuadro 14. Incidencia de bacterias en los puntos de muestreo durante las tres repeticiones.

Bacterias identificadas	Puntos de muestreo							Sumatoria
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	
<i>Pantoea agglomerans</i>	3	4	1	1	3	2	2	16
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0	1	0	0	0	0	1	2
<i>Proteus mirabilis</i>	1	2	0	1	1	2	0	7
<i>Bacillus sp</i>	0	0	3	1	1	3	3	11
<i>Enterobacter hofniae</i>	2	0	1	3	2	0	0	8
<i>Enterobacter cloacae</i>	1	0	0	0	1	0	1	3
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3	2	3	2	1	0	0	11
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	0	1	1	1	2	5
<i>Clostridium sp.</i>	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Lactobacillus sp</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Proteus vulgaris</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Salmonella sp</i>	0	0	0	0	1	0	0	1

Cuadro 15. Especies de Bacterias identificadas por medio de cultivo en el mes de junio.

Medios de cultivo	Especies - 1° Muestreo
CLED P1	<i>Pantoea agglomerans</i>
CLED P2	<i>Enterobacter aerogenes</i>
CLED P3	<i>Pantoea agglomerans</i>
CLED P4	<i>Pantoea agglomerans</i>
CLED P5	<i>Pantoea agglomerans</i>
CLED P6	<i>Bacillus sp</i>
CLED P7	<i>Enterobacter aerogenes</i>
Manitol Salado P1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Manitol Salado P2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Manitol Salado P3	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Manitol Salado P4	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Manitol Salado P5	<i>Staphylococcus aureus</i>
Manitol Salado P6	<i>Staphylococcus aureus</i>
Manitol Salado P7	<i>Bacillus sp</i>
M77 P1	<i>Enterobacter hofniae</i>
M77 P2	<i>Pantoea agglomerans</i>
M77 P3	<i>Bacillus sp</i>
M77 P4	<i>Enterobacter hofniae</i>
M77 P5	<i>Pantoea agglomerans</i>
M77 P6	<i>Pantoea agglomerans</i>
M77 P7	<i>Bacillus sp</i>
McCONKEY P1	<i>Enterobacter cloacae</i>
McCONKEY P2	Ausencia
McCONKEY P3	Ausencia
McCONKEY P4	Ausencia
McCONKEY P5	<i>Proteus vulgaris</i>
McCONKEY P6	Ausencia
McCONKEY P7	Ausencia

Cuadro 16. Especies de Bacterias identificadas por medio de cultivo en el mes de Julio.

Medios de cultivo	Especies - 2° Muestreo
CLED P1	<i>Pantoea agglomerans</i>
CLED P2	<i>Pantoea agglomerans</i>
CLED P3	<i>Bacillus sp</i>
CLED P4	<i>Enterobacter hofniae</i>
CLED P5	<i>Enterobacter hofniae</i>
CLED P6	<i>Proteus mirabilis</i>
CLED P7	<i>Pantoea agglomerans</i>
Manitol Salado P1	<i>Staphylococos epidermidis</i>
Manitol Salado P2	<i>Staphylococos epidermidis</i>
Manitol Salado P3	<i>Staphylococos epidermidis</i>
Manitol Salado P4	<i>Staphylococos epidermidis</i>
Manitol Salado P5	<i>Staphylococos epidermidis</i>
Manitol Salado P6	<i>Lactobacillus sp</i>
Manitol Salado P7	<i>Staphylococos aureus</i>
M77 P1	<i>Enterobacter hofniae</i>
M77 P2	<i>Pantoea agglomerans</i>
M77 P3	<i>Clostridium sp</i>
M77 P4	<i>Enterobacter hofniae</i>
M77 P5	<i>Enterobacter hofniae</i>
M77 P6	<i>Pantoea agglomerans</i>
M77 P7	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
McCONKEY P1	AUSENCIA
McCONKEY P2	AUSENCIA
McCONKEY P3	AUSENCIA
McCONKEY P4	AUSENCIA
McCONKEY P5	AUSENCIA
McCONKEY P6	AUSENCIA
McCONKEY P7	<i>Enterobacter cloacae</i>

Cuadro 17. Especies de Bacterias identificadas por medio de cultivo en el mes de agosto.

Medios de cultivo	Especies - 3° Muestreo
CLED P1	<i>Pantoea agglomerans</i>
CLED P2	<i>Proteus mirabilis</i>
CLED P3	<i>Bacillus sp</i>
CLED P4	<i>Bacillus sp</i>
CLED P5	<i>Enterobacter clocae</i>
CLED P6	<i>Bacillus sp</i>
CLED P7	<i>Bacillus sp</i>
Manitol Salado P1	<i>Staphylococos epidermidis</i>
Manitol Salado P2	<i>Clostridium sp</i>
Manitol Salado P3	<i>Staphylococos epidermidis</i>
Manitol Salado P4	<i>Staphylococos aureus</i>
Manitol Salado P5	<i>Bacillus sp</i>
Manitol Salado P6	<i>Bacillus sp</i>
Manitol Salado P7	<i>Staphylococos aureus</i>
M77 P1	<i>Proteus mirabilis</i>
M77 P2	<i>Proteus mirabilis</i>
M77 P3	<i>Enterobacter hofniae</i>
M77 P4	<i>Proteus mirabilis</i>
M77 P5	<i>Pantoea agglomerans</i>
M77 P6	<i>Proteus mirabilis</i>
M77 P7	<i>Pantoea agglomerans</i>
McCONKEY P1	AUSENCIA
McCONKEY P2	<i>Pantoea agglomerans</i>
McCONKEY P3	AUSENCIA
McCONKEY P4	AUSENCIA
McCONKEY P5	<i>Salmonella sp / Proteus mirabilis</i>
McCONKEY P6	AUSENCIA
McCONKEY P7	AUSENCIA

ANEXO B. Flujograma de procesos

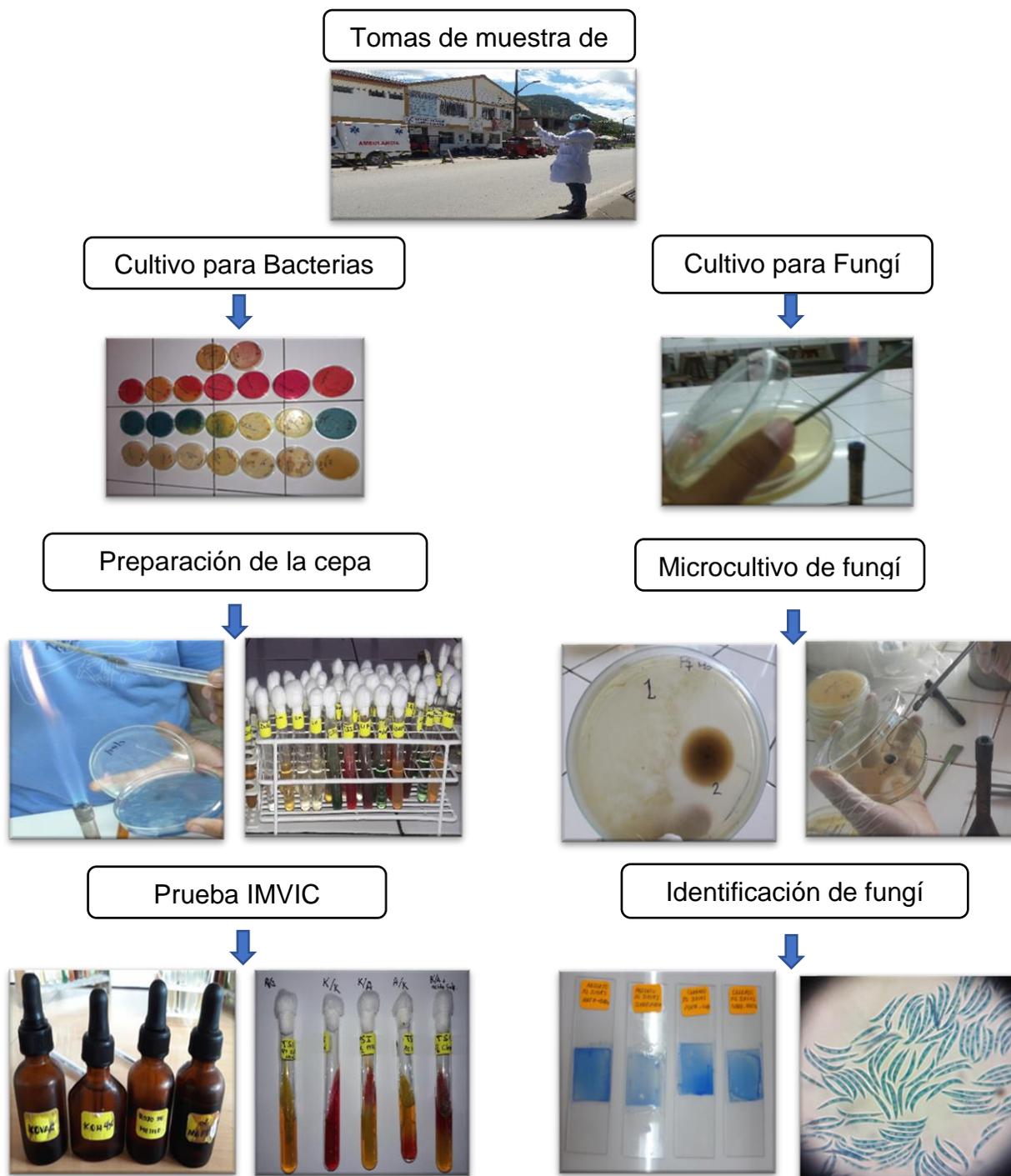


Figura 17. Flujograma de procesos para identificación de bacterias y hongos en el aire por Método IMPINGER modificado (LOPEZ, 2010).

ANEXO C. Lugar de análisis, materiales, equipos empleados, puntos de muestreo.



Figura 18. Laboratorio de Microbiología General.



Figura 19. Preparación de los medios de cultivo para la determinación de bacterias y fungí en el aire.



Figura 20. Punto 1, Avenida A. Quiñones Cdra. 1



Figura 21. Punto 2, Avenida San Martín Cdra. 5



Figura 22. Punto 3, Avenida José C. Mariátegui Cdra. 4



Figura 23. Punto 4, Avenida Unión Cdra. 7.



Figura 24. Punto 5, Avenida Unión Cdra. 12.



Figura 25. Punto 6, Avenida Unión Cdra. 15.



Figura 26. Punto 7, Avenida Unión Cdra. 17.



Figura 27. Muestreo de Humedad relativa y de la temperatura.



Figura 28. Determinación de la Humedad relativa y temperatura.



Figura 29. Toma de muestras de aire en los puntos de muestreo.



Figura 30. Siembra para el recuento de microorganismos.

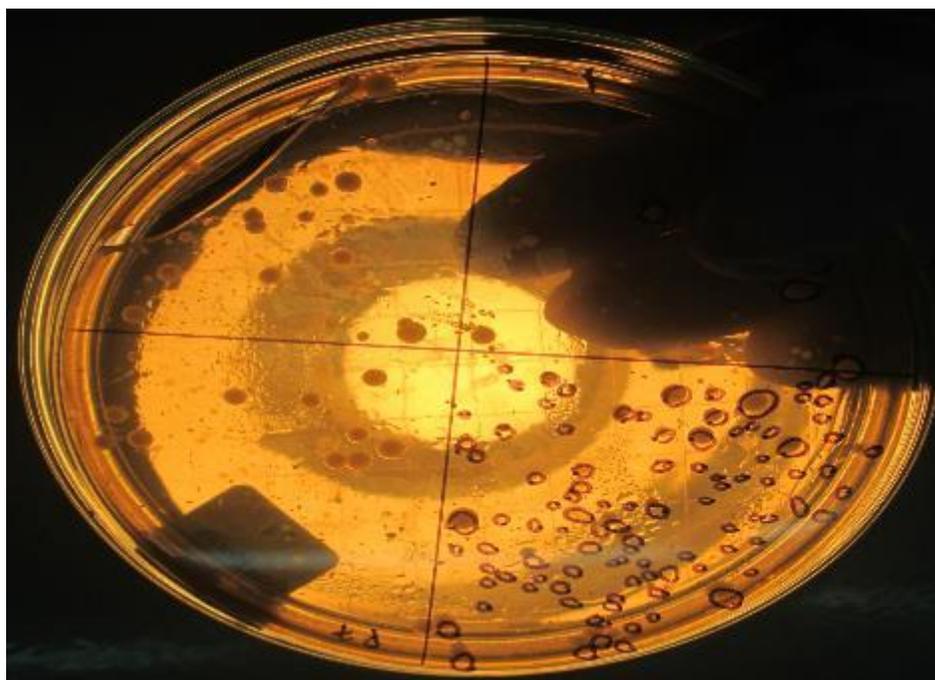


Figura 31. Enumeración (recuento) de microorganismo.



Figura 32. Medios enriquecedores (Agar).



Figura 33. Lectura de placas (M77, Manitol salado, Mc Konkey, Cled y Plate count).



Figura 34. Crecimiento de bacterias en los medios enriquecedores.



Figura 35. Colonia de *Bacillus sp.* En medio Clead del punto 7.



Figura 36. Colonias de *Staphylococcus aureus* (A) y *Staphylococcus epidermidis* (B), en medio Manitol salado.



Figura 37. Colonia de *Pantoea agglomerans* en medio M77 del punto 6.



Figura 38. Colonia de *Enterobacter aerogenes* en medio Cleed del punto 2.



Figura 39. Colonia de *Enterobacter cloacae* en el medio Mc Conkey del punto 7.



Figura 40. Sembrío de bacterias en medios de cultivo para pruebas bioquímicas.



Figura 41. Reactivos para la prueba de IMVIC.



Figura 42. Prueba de IMVIC.

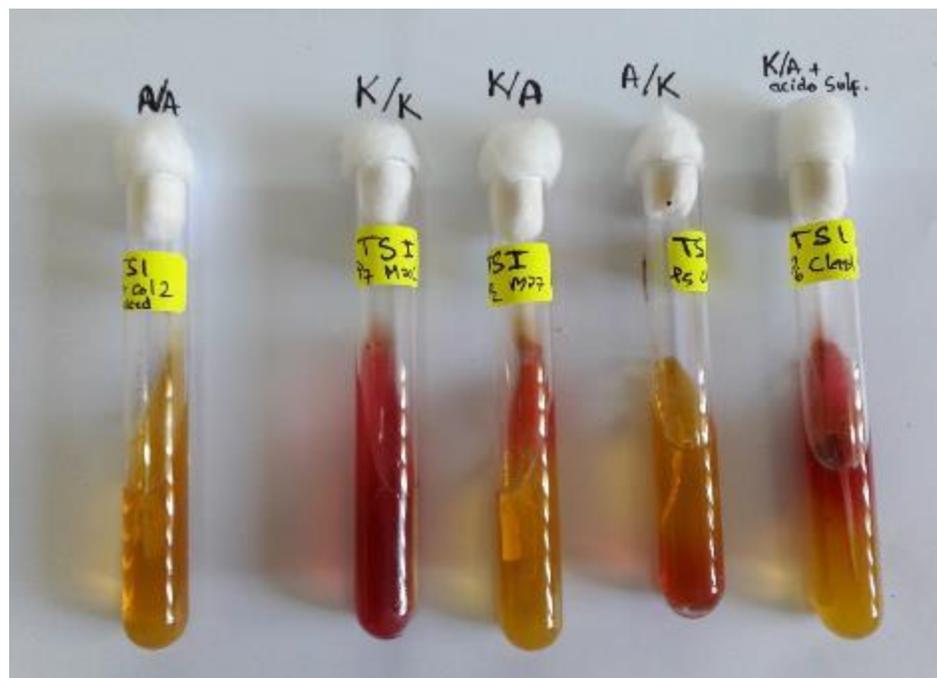


Figura 43. Reacciones en medio TSI.



Figura 44. Reacciones en medio LIA.



Figura 45. Reacciones en el medio UREA.



Figura 46. Reacciones en el medio CITRATO.



Figura 47. Reacciones en el medio MALONATO.



Figura 48. Reacciones en el medio MALONATO.



Figura 49. Colonias del género *Aspergillus*.

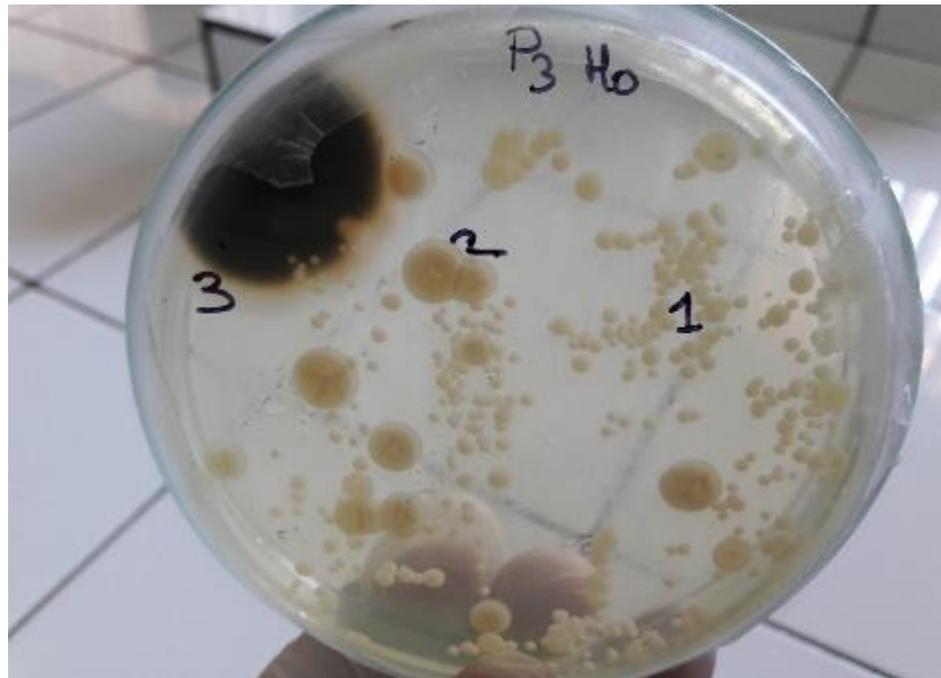


Figura 50. Colonias de *Geotrichum* (1), *Fusarium* (2) y *Blastomyces* (3).



Figura 51. Colonia de *Geotrichum*.

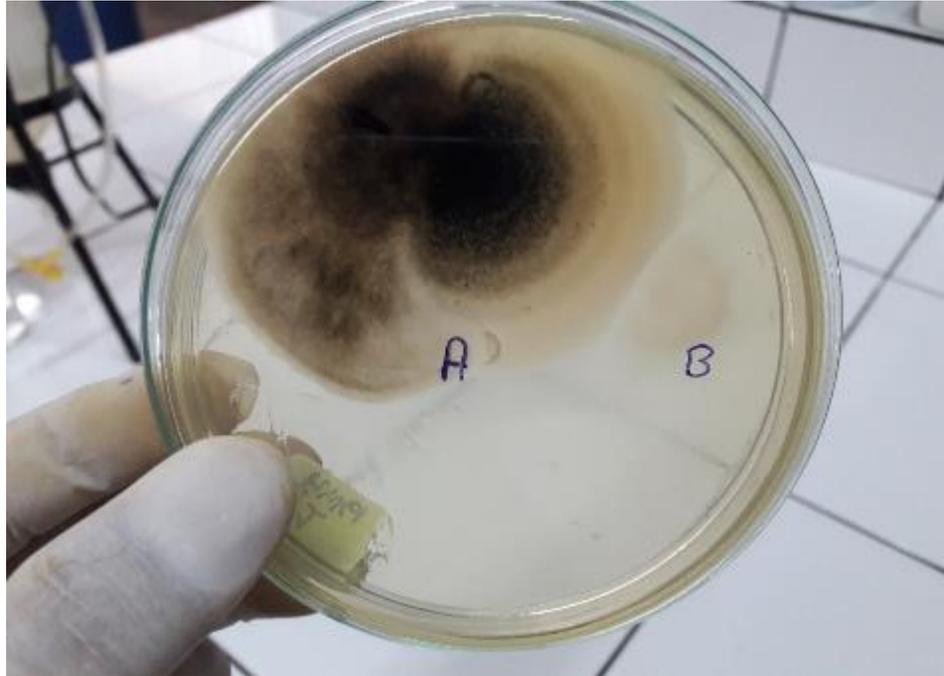


Figura 52. Colonias de *Penicillium* (A) y *Botrytis* (B).



Figura 53. Microcultivo de colonias fungi enumeradas para su identificación.

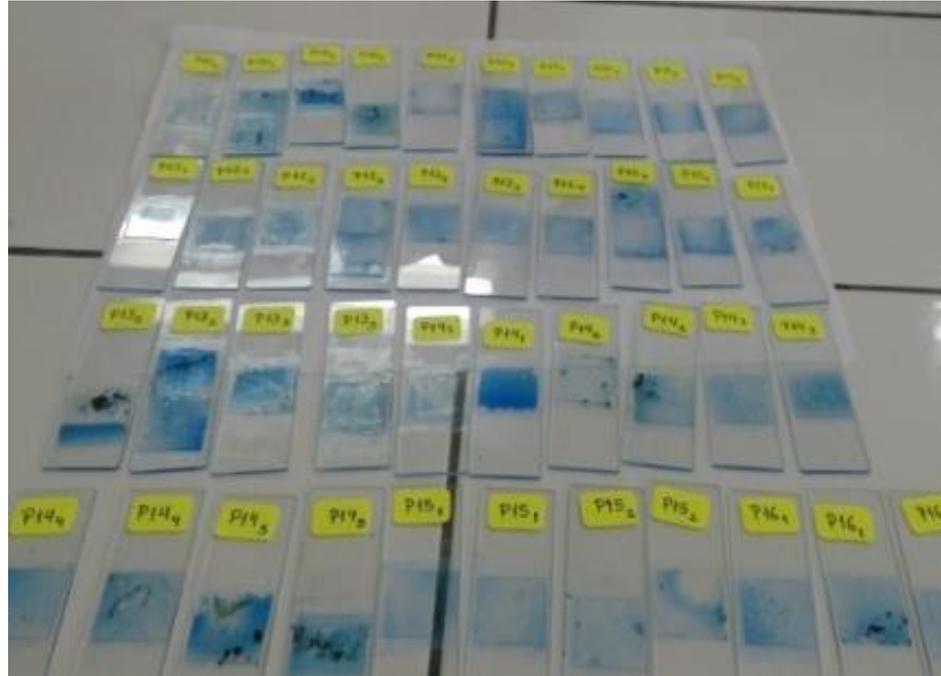


Figura 54. Tinción de Fungi con azul de lactofenol para su identificación en microscopio.

ANEXO D. Especies y Géneros identificados

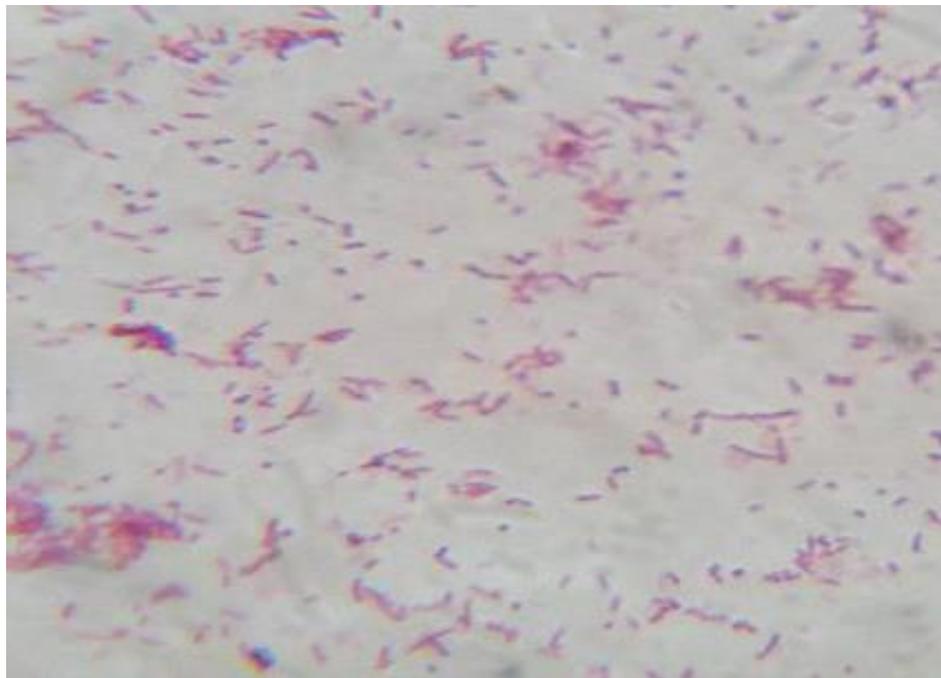
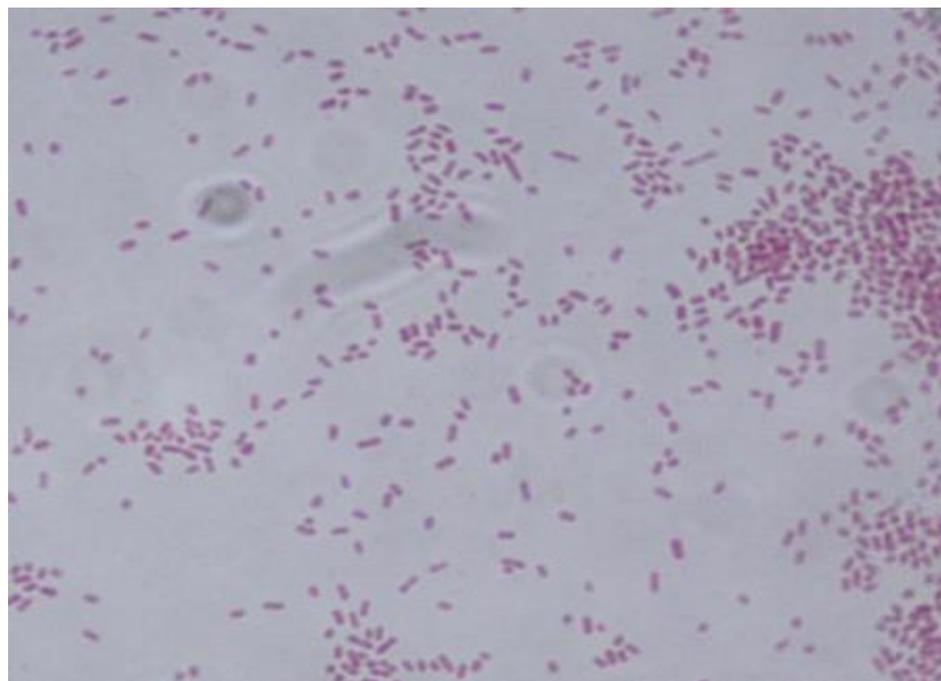
Figura 55. *Enterobacter agglomerans*.Figura 56. *Enterobacter aerogenes*.



Figura 57. *Proteus* sp.



Figura 58. *Bacillus* sp.

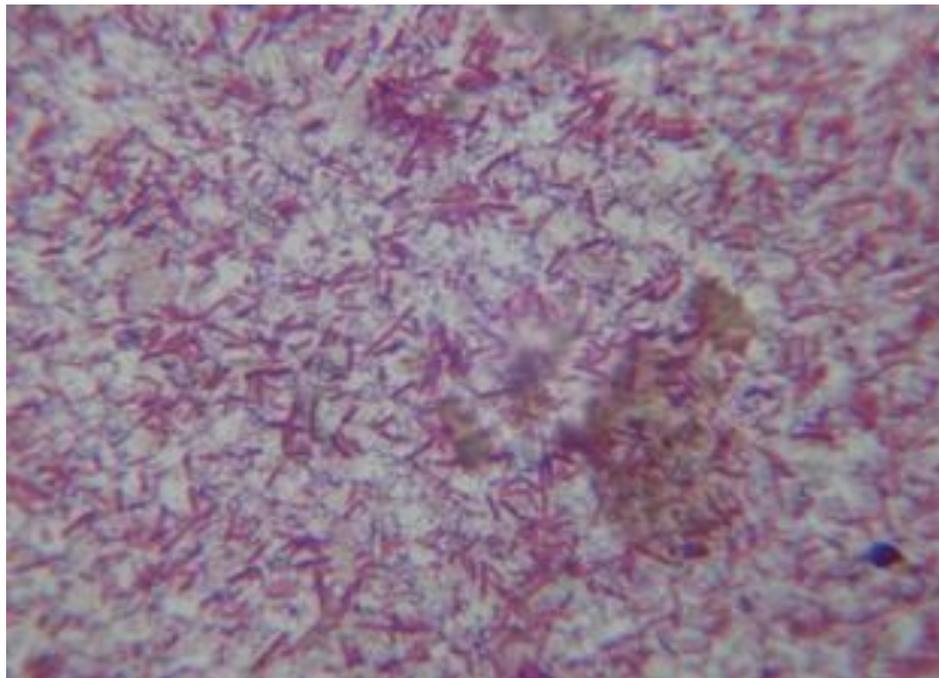


Figura 59. *Enterobacter* sp.

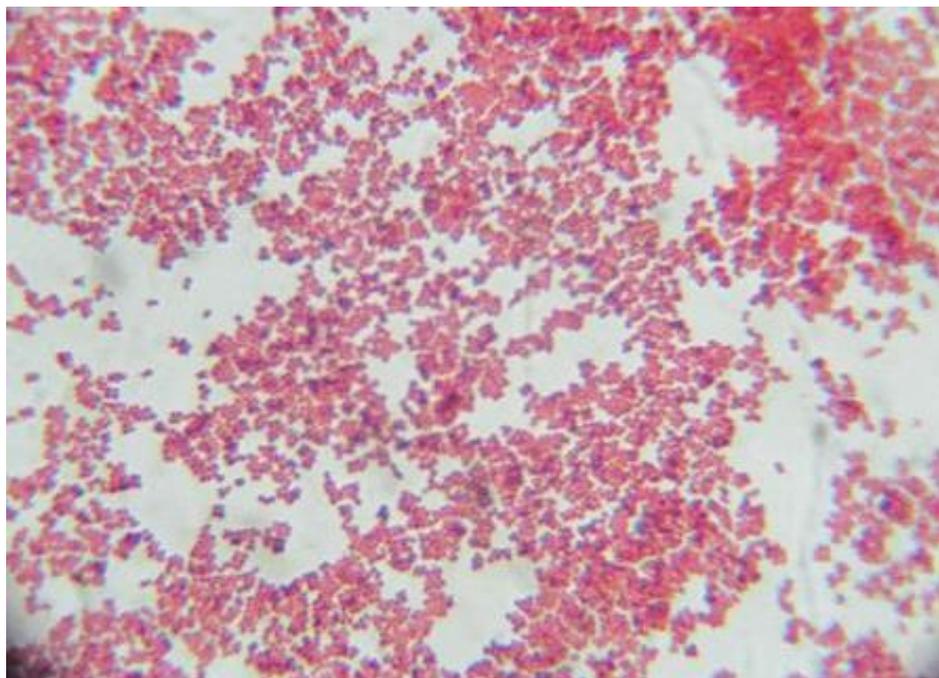


Figura 60. *Staphylococcus epidermidis*.

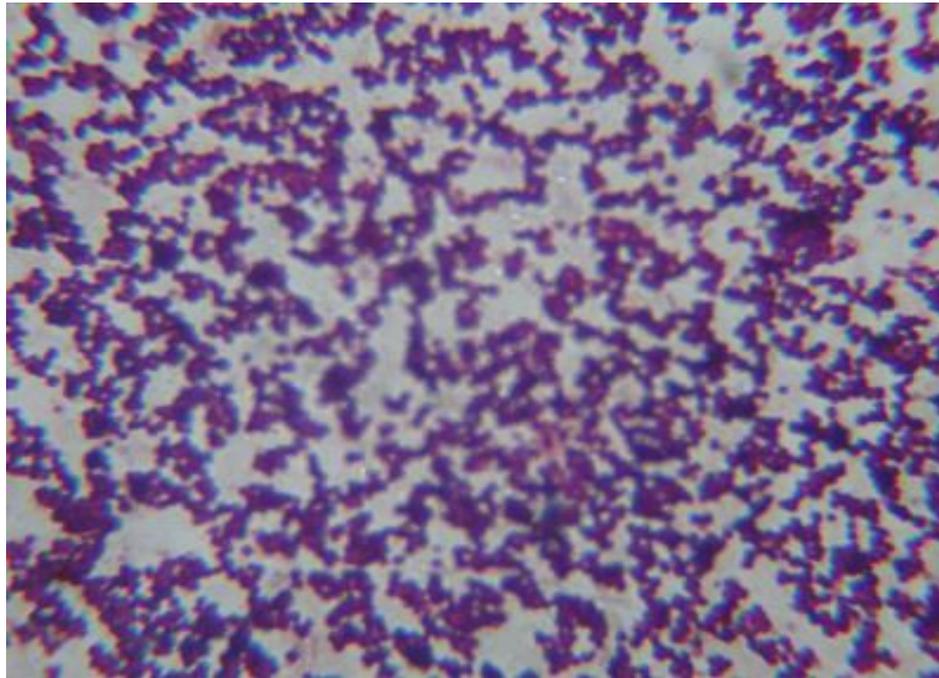


Figura 61. *Staphylococcus aureus*.

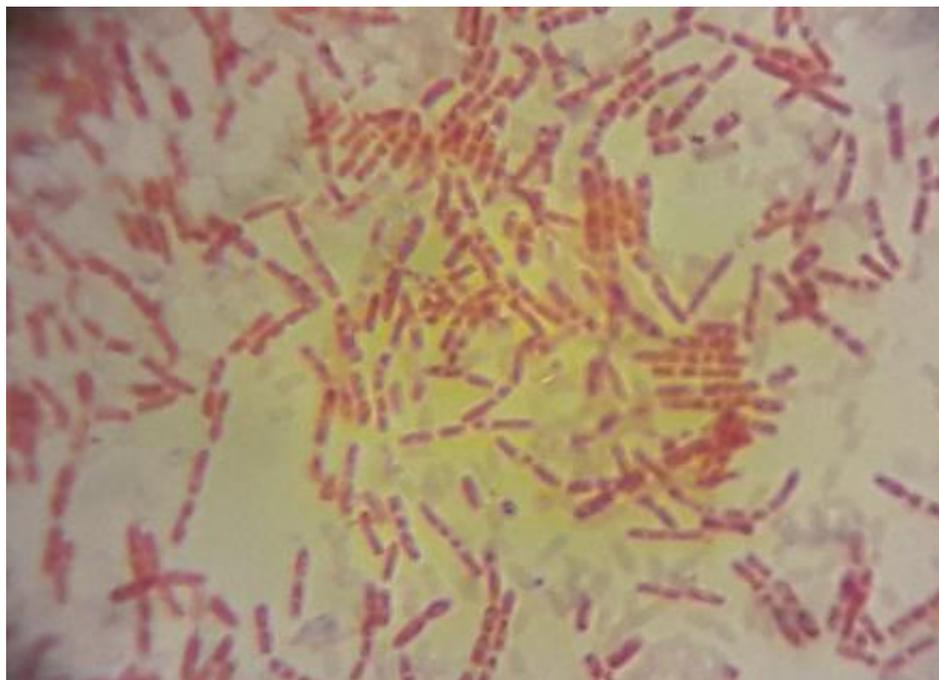


Figura 62. *Clostridium sp.*

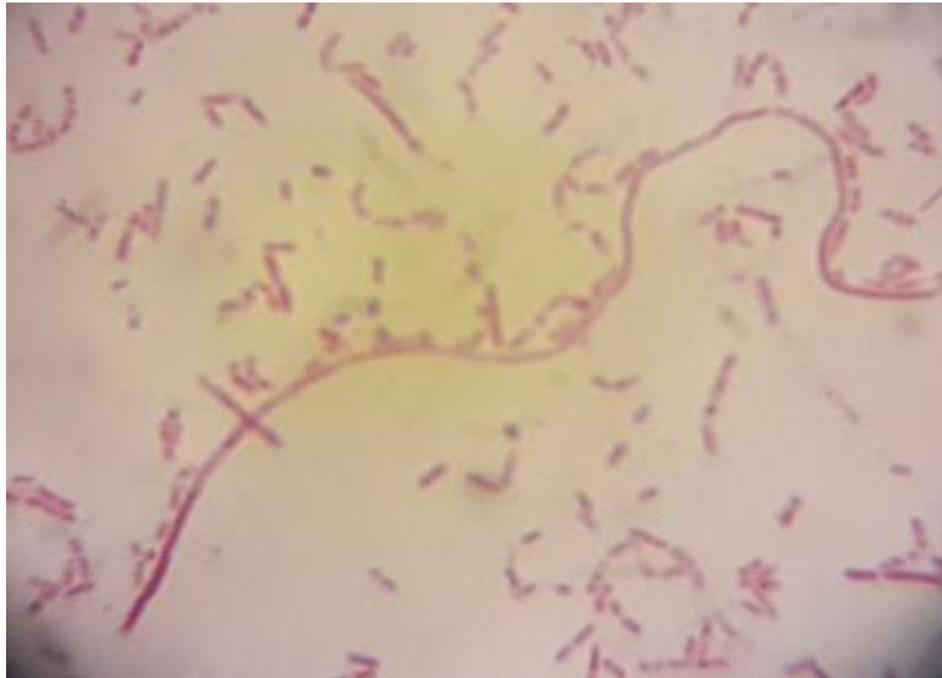


Figura 63. *Lactobacillus* sp

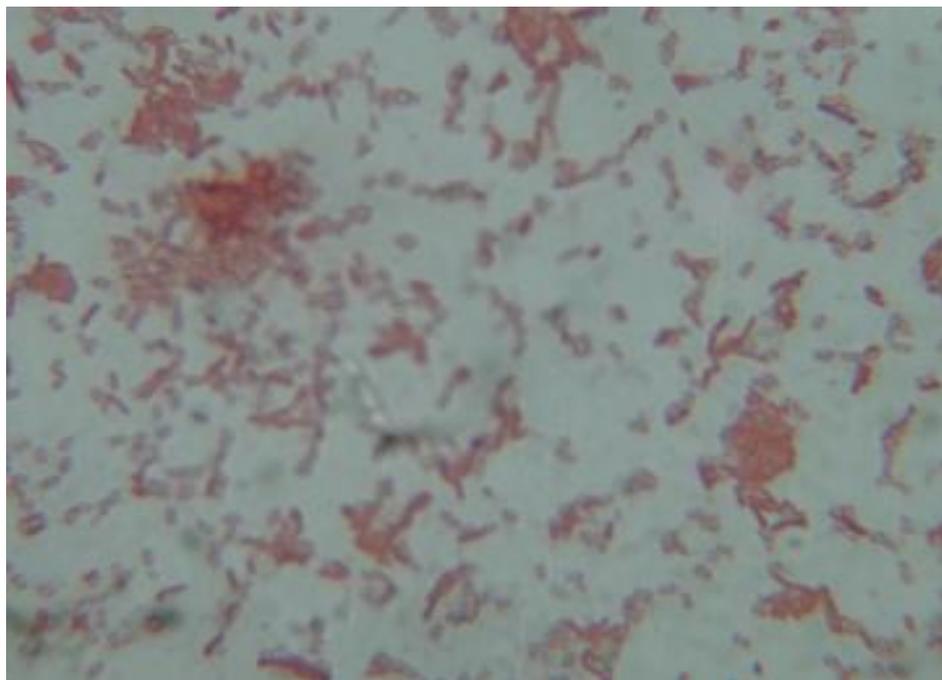


Figura 64. *Klebsiella pneumoniae*.



Figura 65. *Salmonella* sp.



Figura 66. *Geotrichum* sp.



Figura 67. *Aspergillus sp.*



Figura 68. *Fusarium sp.*



Figura 69. *Cándida sp.*



Figura 70. *Blastomyces sp.*

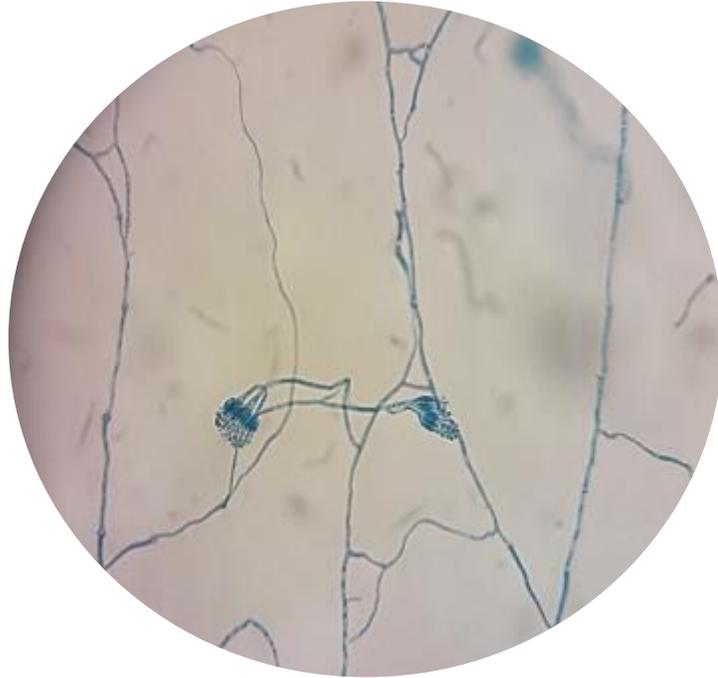


Figura 71. *Penicillium* sp.

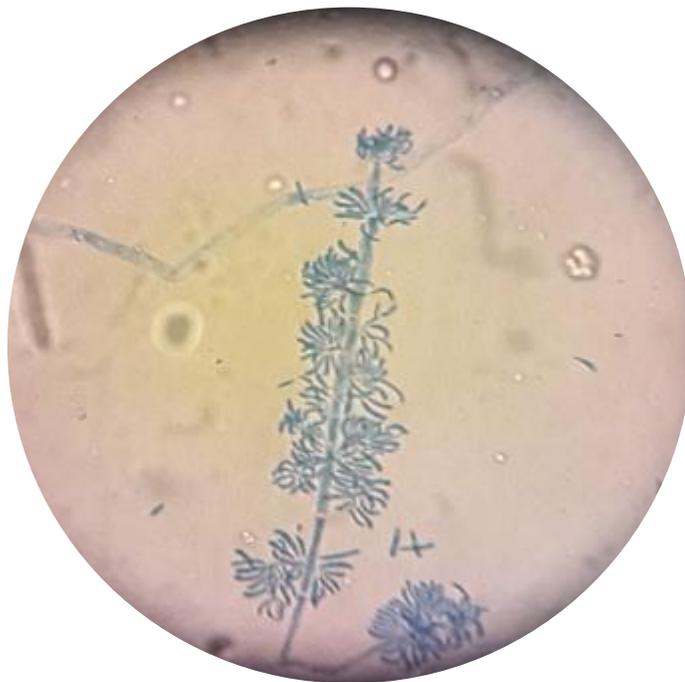


Figura 72. *Botrytis* sp.



Figura 73. *Monosporium* sp.

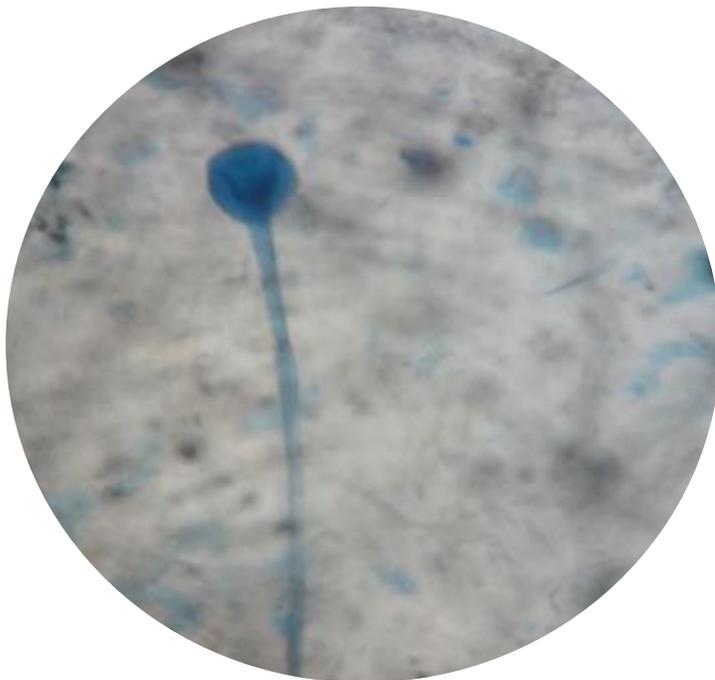


Figura 74. *Rhizopus* sp.

ANEXO E. Posibles fuentes de contaminación microbiana



Figura 75. Cunetas empozadas y expuestas en los puntos 4 y 1



Figura 76. Cunetas empozadas y expuestas circundante en los expendios de comida ubicada en el Punto 5.



Figura 77. Drenajes expuestos en los puntos 5 y 4.



Figura 78. Residuos sólidos orgánicos expuestos en el punto 3

ANEXO F: Plano de ubicación del proyecto

