



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**CARACTERIZACIÓN DE BIOAEROSOLES CAUSANTES DE
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN EL ANCIANATO, LAS
INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y LA PLAZA DE MERCADO DEL MUNICIPIO
DE YACOPÍ CUNDINAMARCA.**

**JELSSSEN ELIANA BOLAÑOS SÁNCHEZ
MARIANA PARRA CASTIBLANCO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SALUD AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C.

2023

**CARACTERIZACIÓN DE BIOAEROSOLES CAUSANTES DE
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN EL ANCIANATO, LAS
INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y LA PLAZA DE MERCADO DEL
MUNICIPIO DE YACOPÍ CUNDINAMARCA.**

**JELSEN ELIANA BOLAÑOS SÁNCHEZ
MARIANA PARRA CASTIBLANCO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERAS
AMBIENTALES**

**DIRECTOR:
ING. JOHAN ALEXANDER ÁLVAREZ BERRIO
MAGÍSTER EN TOXICOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2023

Resumen

Se realizó un monitoreo microbiológico, en cuatro zonas del municipio de Yacopí; el Ancianato, las Instituciones Educativas y la Plaza de mercado, con el fin de caracterizar los bioaerosoles causantes de enfermedades respiratorias en las zonas de muestreo. Para la toma de muestras se utilizó el equipo MAS-100 y se registraron las variables ambientales; humedad relativa y temperatura con el termohigrómetro, en la identificación de los microorganismos se usó la tinción de Gram para las bacterias y la tinción de azul de lactofenol para hongos.

Se obtuvo que las zonas con mayor concentración de bioaerosoles fueron la Plaza de mercado y el colegio EDUSAN y los géneros con mayor frecuencia de aparición fueron *Staphylococcus* y *Rhodotorula* presentando alto riesgo en la salud de las personas, puesto que, éstas pueden generar enfermedades como asma, neumonía y afectan principalmente el tracto respiratorio.

Palabras clave: bioaerosol, enfermedades respiratorias, temperatura, humedad relativa, *Staphylococcus* y *Rhodotorula*.

Abstract

Microbiological monitoring was carried out in four areas of the municipality of Yacopí; the Eldership y, the Educational Institutions and the Market Square, in order to characterize the bioaerosols that cause respiratory diseases in the sampling areas. The MAS-100 equipment was used for sampling and the environmental variables were recorded; relative humidity and temperature with the thermohygrometer, in the identification of microorganisms Gram stain was used for bacteria and lactophenol blue stain for fungi.

Was obtained, the areas with the highest concentration of bioaerosols were the Market Square and the EDUSAN school, and the genera with the highest frequency of apartition were *Staphylococcus* and *Rhodotorula*, presenting a high health risk for people, since they can cause diseases such as asthma, pneumonia and mainly affect the entire respiratory tract.

Keywords: bioaerosol, respiratory diseases, temperature, relative humidity, *Staphylococcus* and *Rhodotorula*.

Contenido

Resumen.....	III
Lista de Figuras.....	IX
Lista de Gráficas.....	X
Lista de Fotografías.....	XII
Lista de Ecuaciones.....	XIII
Lista de Mapas.....	XIV
Lista de Tablas.....	XV
Lista de Símbolos y Abreviaturas.....	XVI
1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. Antecedentes.....	4
4. Marco Teórico.....	7
4.1. Marco Conceptual.....	7
4.1.1. Material Particulado.....	7
4.1.2. Bioaerosoles.....	7
4.1.3. Medios de Cultivo.....	7
4.1.4. Bacterias.....	8
4.1.5. Hongos.....	8
4.1.6. Tinción de Gram.....	9
4.1.7. Tinción de azul de Lactofenol.....	9
4.1.8. Morbilidad.....	9
4.1.9. Mortalidad.....	10
4.1.10. Equipo MAS-100.....	10
4.1.11. Termohigrómetro.....	10
4.1.12. Enfermedades respiratorias.....	11
4.1.12.1. Neumonía.....	11

4.1.12.2.	Bronquitis crónica.....	11
4.1.12.3.	Bronquiolitis.....	12
4.1.12.4.	Traqueítis.....	12
4.1.12.5.	Asma.....	12
4.1.12.6.	Rinitis.....	12
4.1.12.7.	Tuberculosis.....	13
4.2.	Marco Normativo.....	13
4.3.	Marco Contextual.....	15
4.3.1.	Descripción del Municipio.....	15
4.3.2.	Población.....	15
4.3.3.	Salud.....	16
4.3.4.	Condiciones Ambientales.....	16
4.3.5.	Descripción zonas de Muestreo.....	16
4.3.5.1.	Ancianato.....	16
4.3.5.2.	Plaza de Mercado Municipal.....	17
4.3.5.3.	Institución Educativa Departamental Eduardo Santos (EDUSAN).....	17
4.3.5.4.	Instituto Técnico Agropecuario (ITA).....	17
5.	Metodología.....	17
5.1.	Selección Lugares de Muestreo.....	17
5.2.	Selección Puntos de Muestreo.....	18
5.3.	Número de Muestras.....	19
5.4.	Medios de Cultivo.....	20
5.5.	Muestreo Previo.....	20
5.6.	Muestreo.....	21
5.6.1.	Muestreo Microbiológico.....	22
5.6.2.	Medición Variables Ambientales.....	23
5.7.	Caracterización e Identificación.....	23
5.8.	Cuantificación de Colonias.....	24
5.9.	Mapas de Concentraciones.....	24
6.	Resultados.....	25
6.1.	Lugares de muestreo.....	25
6.1.1.	Ancianato.....	25
6.1.2.	Plaza de Mercado Municipal.....	25

6.1.3.	Institución Educativa Departamental Eduardo Santos (EDUSAN).....	26
6.1.4.	Instituto Técnico Agropecuario (ITA).....	27
6.2.	Número de Puntos de Muestreo y Número de Muestras.....	27
6.3.	Identificación de microorganismos.....	28
6.3.1.	Distribución De Microorganismos por Género.....	29
6.4.	Mapas de Concentraciones.....	30
6.5.	Comportamiento de la concentración de Microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en las diferentes zonas de muestreo.....	31
7.	Análisis y discusión de resultados.....	34
7.1.	Microorganismos por género identificados por cada zona de muestreo.....	34
7.1.1.	Bacterias por Género identificados en el Ancianato.....	34
7.1.2.	Bacterias por Género identificados en el colegio EDUSAN.....	35
7.1.3.	Hongos por Género identificados en el colegio EDUSAN.....	36
7.1.4.	Hongos por Género identificados en la Plaza de Mercado.....	37
7.2.	Comportamiento de la Concentración de Microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa.....	38
7.2.1.	Comportamiento de la concentración de bacterias frente a la temperatura y humedad relativa en el Ancianato.....	38
7.2.2.	Comportamiento de la concentración de bacterias frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN.....	39
7.2.3.	Comportamiento de la concentración de hongos frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN.....	41
7.2.4.	Comportamiento de la concentración de hongos frente a la temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado.....	42
7.3.	Comparación de los colegios ITA y EDUSAN.....	43
7.3.1.	Bacterias.....	43
7.3.1.1.	Colegio ITA.....	43
7.3.1.1.1.	Jornada Sabatina.....	43
7.3.1.1.2.	Jornada Diurna.....	44
7.3.1.2.	Colegio EDUSAN.....	44
7.3.1.2.1.	Jornada Sabatina.....	44
7.3.1.2.2.	Jornada Diurna.....	45

7.3.2. Hongos.....	46
7.3.2.1. Colegio ITA.....	46
7.3.2.1.1. Jornada Sabatina.....	46
7.3.2.1.2. Jornada Diurna.....	46
7.3.2.2. Colegio EDUSAN.....	47
7.3.2.2.1. Jornada Sabatina.....	47
7.3.2.2.2. Jornada Diurna.....	48
7.4. Comparación por días Plaza de Mercado.....	48
7.4.1. Bacterias.....	48
7.4.1.1. Día Común.....	48
7.4.1.2. Día Mercado.....	49
7.4.2. Hongos.....	50
7.4.2.1. Día Común.....	50
7.4.2.2. Día Mercado.....	50
7.5. Alcance clínico de los bioaerosoles identificados.....	51
8. Impacto Social y Humanístico.....	53
9. Conclusiones.....	53
10. Recomendaciones.....	54
Referencias.....	55
A. Anexo: Preparación de medios de Cultivo.....	63
B. Anexo: Formato de Campo.....	65
C. Anexo: Tinciones.....	66
D. Anexo: Distribución de microorganismos.....	69
E. Anexo: Mapas de Concentración.....	73
F. Anexo: Gráficas de microorganismos identificados por género en cada zona de muestreo.....	81
G. Anexo: Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y la humedad relativa.....	85
H. Anexo: Gráficas relación promedio de bacterias, temperatura y humedad relativa.....	91
I. Anexo: Gráficas Correlación concentración de bioaerosoles frente a la temperatura y humedad relativa.....	99

Lista de Figuras

Figura 4-1. Ubicación Yacopí Cundinamarca.....	15
Figura 6-1. Identificación de los microorganismos localizados en las 4 zonas de muestreo en Yacopí.....	28
Figura A-1. Formato de campo.....	65

Lista de Gráficas

Gráfica 7-1. Bacterias identificadas por género en el Ancianato.....	35
Gráfica 7-2. Bacterias identificadas por género en el colegio EDUSAN.....	36
Gráfica 7-3. Hongos identificados por género en el colegio EDUSAN.....	37
Gráfica 7-4. Hongos identificados por género en Plaza de Mercado.....	38
Gráfica 7-5. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Ancianato.....	39
Gráfica 7-6. Promedio de bacterias -temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 7 de noviembre.....	39
Gráfica 7-7. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN.....	40
Gráfica 7-8. Promedio de bacterias -temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8 de noviembre.....	40
Gráfica 7-9. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN.....	41
Gráfica 7-10. Promedio de hongos -temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8 de noviembre.....	41
Gráfica 7-11. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en la Plaza de Mercado.....	42
Gráfica 7-12. Promedio de hongos -temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 6 de noviembre.....	42
Gráfica F-1. Bacterias identificadas por género en el Ancianato.....	81
Gráfica F-2. Hongos identificados por género en el Ancianato.....	81
Gráfica F-3. Bacterias identificadas por género en la Plaza de Mercado.....	82
Gráfica F-4. Hongos identificados por género en la Plaza de Mercado.....	82
Gráfica F-5. Bacterias identificadas por género en el colegio EDUSAN.....	83
Gráfica F-6. Hongos identificados por género en el colegio EDUSAN.....	83
Gráfica F-7. Bacterias identificadas por género en el colegio ITA.....	84
Gráfica F-8. Hongos identificados por género en el colegio ITA.....	84
Gráfica H-1. Promedio de Bacterias - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 6-Nov.....	91
Gráfica H-2. Promedio de Bacterias - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 7-Nov.....	91
Gráfica H-3. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 6-Nov.....	92
Gráfica H-4. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 7-Nov.....	92
Gráfica H-5. Promedio de Bacterias – temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 5-Nov.....	93
Gráfica H-6. Promedio de Bacterias - temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 6-Nov.....	93
Gráfica H-7. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 5-Nov.....	94

Gráfica H-8. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 6-Nov.....	94
Gráfica H-9. Promedio de Bacterias- temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 5-Nov.....	95
Gráfica H-10. Promedio de Bacterias- temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov.....	95
Gráfica H-11. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 5-Nov.....	96
Gráfica H-12. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov.....	96
Gráfica H-13. Promedio de bacterias - Temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 5-Nov.....	97
Gráfica H-14. Promedio de bacterias - temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 8-Nov.....	97
Gráfica H-15. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 5-Nov.....	98
Gráfica H-16. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 8-Nov.....	98
Gráfica I-1. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Ancianato.....	99
Gráfica I-2. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN.....	99
Gráfica I-3. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN.....	100
Gráfica I-4. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en la Plaza de Mercado.....	100
Gráfica I-5. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN.....	101
Gráfica I-6. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN.....	101
Gráfica I-7. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio ITA.....	102
Gráfica I-8. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio ITA.....	102

Lista de Fotografías

Fotografía 4-1. MAS-100.....	10
Fotografía 4-2. Termohigrómetro.....	11
Fotografía 5-1. Monitoreo Previo.....	21
Fotografía 5-2. Muestreo.....	22
Fotografía 6-1. Muestreo en el Ancianato.....	25
Fotografía 6-2. Muestreo en la Plaza de mercado.....	26
Fotografía 6-3. Muestreo en el colegio EDUSAN.....	26
Fotografía 6-4. Muestreo en el colegio ITA.....	27
Fotografía A-1. Preparación medio de cultivo.....	64
Fotografía C-1. Tinción de Gram.....	67
Fotografía C-2. Tinción de Azul de Lactofenol.....	68

Lista de Ecuaciones

Ecuación 5-1. Puntos de Muestreo.....	19
Ecuación 5-2. Número de Muestras.....	19
Ecuación 5-3. Número de UFC/m ³	24

Lista de Mapas

Mapa 7-1. Mapa de concentración de bacterias en el colegio ITA el día 5-Nov.....	43
Mapa 7-2. Mapa de concentración de bacterias en el colegio ITA el día 8-Nov.....	44
Mapa 7-3. Mapa de concentración de bacterias en el colegio EDUSAN el día 5-Nov.....	45
Mapa 7-4. Mapa de concentración de bacterias en el colegio EDUSAN el día 8-Nov.....	45
Mapa 7-5. Mapa de concentración de hongos en el colegio ITA el día 8-Nov.....	46
Mapa 7-6. Mapa de concentración de hongos en el colegio ITA el día 5-Nov.....	47
Mapa 7-7. Mapa de concentración de hongos en el colegio EDUSAN el día 5-Nov.....	47
Mapa 7-8. Mapa de concentración de hongos en el colegio EDUSAN el día 8-Nov.....	48
Mapa 7-9. Mapa de concentración de bacterias en la Plaza de Mercado el día 5-Nov....	49
Mapa 7-10. Mapa de concentración de bacterias en la Plaza de Mercado el día 6-Nov.	49
Mapa 7-11. Mapa de concentración de hongos en la Plaza de Mercado el día 5-Nov....	50
Mapa 7-12. Mapa de concentración de hongos en la Plaza de Mercado el día 5-Nov....	51
Mapa E-1. Mapa de concentración de bacterias en el Ancianato el día 6-Nov.....	73
Mapa E-2. Mapa de concentración de bacterias en el Ancianato el día 7-Nov.....	73
Mapa E-3. Mapa de concentración de hongos en el Ancianato el día 6-Nov.....	74
Mapa E-4. Mapa de concentración de hongos en el Ancianato el día 7-Nov.....	74
Mapa E-5. Mapa de concentración de bacterias en la Plaza el día 5-Nov.....	75
Mapa E-6. Mapa de concentración de bacterias en la Plaza el día 6-Nov.....	75
Mapa E-7. Mapa de concentración de hongos en la Plaza el día 5-Nov.....	76
Mapa E-8. Mapa de concentración de hongos en la Plaza el día 6-Nov.....	76
Mapa E-9. Mapa de concentración de bacterias en el colegio ITA el día 5-Nov.....	77
Mapa E-10. Mapa de concentración de bacterias en el colegio ITA el día 8-Nov.....	77
Mapa E-11. Mapa de concentración de hongos en el colegio ITA el día 5-Nov.....	78
Mapa E-12. Mapa de concentración de hongos en el colegio ITA el día 8-Nov.....	78
Mapa E-13. Mapa de concentración de bacterias en el colegio EDUSAN el día 5-Nov...	79
Mapa E-14. Mapa de concentración de bacterias en el colegio EDUSAN el día 8-Nov...	79
Mapa E-15. Mapa de concentración de hongos en el colegio EDUSAN el día 5-Nov.....	80
Mapa E-16. Mapa de concentración de hongos en el colegio EDUSAN el día 8-Nov.....	80

Lista de Tablas

Tabla 4-1. Normatividad aplicable al proyecto.....	14
Tabla 5-1. Puntos de muestreo.....	18
Tabla 6-1. Número de puntos de muestreos y número de muestras por área.....	28
Tabla 6-2. Microorganismos identificados por género.....	29
Tabla 6-3. Comportamiento de la concentración de bacterias frente a la temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 7-Nov.....	31
Tabla 6-4. Comportamiento de la concentración de bacterias y hongos frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov.....	32
Tabla 6-5. Comportamiento de la concentración de hongos frente a la temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 6-Nov.....	33
Tabla 7-1. Género de bacterias identificadas y su alcance clínico.....	51
Tabla 7-2. Género de hongos identificados y su alcance clínico.....	52
Tabla D-1. Distribución de bacterias en cada lugar muestreado.....	69
Tabla D-2. Distribución de hongos en cada lugar muestreado.....	71
Tabla G-1. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad Relativa en el Ancianato.....	85
Tabla G-2. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad Relativa en la Plaza de Mercado.....	86
Tabla G-3. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN.....	88
Tabla G-4. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio ITA.....	89

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolo	Término
<i>A</i>	Área
ASIS	Análisis de Situación en salud
<i>C</i>	Celsius
CAR	Corporación Autónoma Regional
<i>CI</i>	Número de medios de Cultivo
<i>HR</i>	Humedad Relativa
IRA	Infecciones Respiratorias Agudas
<i>km</i>	Kilómetros
<i>L</i>	Litros
<i>m</i>	Metros
<i>mm</i>	Milímetro
<i>nm</i>	Nanómetro
μm	Micrómetro
m^3	Metros cúbicos
m^2	Metros cuadrados
<i>s</i>	Segundos
<i>T</i>	Temperatura
<i>V</i>	Volumen
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
°	Grados

1. Introducción

Los bioaerosoles albergan un conjunto de componentes biológicos en la escala microbiana los cuales están biológicamente activos cuando viajan por el aire en un estado singular, pueden comprender entre el 15 y el 25 % de las partículas en masa combinadas con bacterias, hongos, virus, metabolitos secundarios, pólenes y polvos vivos o muertos (Alvarado & Rozo, 2019). Los microorganismos son agentes que ocasionan gran preocupación debido a pueden ingresar fácilmente al cuerpo por varias vías de exposición como: la ingesta, la inhalación y por contacto dérmico; en el caso de los bioaerosoles la inhalación es la más común y la que mayores afectaciones produce a la salud (INSHT, 2014).

Los bioaerosoles desempeñan un papel importante en la transmisión de enfermedades respiratorias, pues la porción microbiana del material particulado transportada por el aire es responsable de la escalada crítica de los efectos adversos en la salud pública. La presencia de estos microorganismos en el aire produce numerosas afecciones respiratorias, en especial en personas inmunodeprimidas, niños y ancianos. Gran cantidad de las enfermedades respiratorias infecciosas, derivan de la presencia de las biopartículas en el aire (Maldonado et al., 2014).

Yacopí es un municipio ubicado en el norte de Cundinamarca, posee numerosos escenarios de contaminación y generación de bioaerosoles, como la mala disposición de residuos sólidos, el crecimiento en el sector agroindustrial y el mal manejo de aguas residuales. Un componente a destacar que ha sido manifestado por la CAR en los últimos 5 años es el aumento de la ganadería, la generación de galpones e invernaderos para la producción de diversos productos.

Para 2019 la principal causa de mortalidad en Yacopí fueron las Infecciones respiratorias agudas, con una tasa de 50,31 muertes por cada 100.000 habitantes, con un aumento representativo en comparación al año anterior donde la tasa fue de 17,25 muertes por cada 100.000 habitantes. Es relevante destacar que la segunda causa de muerte en el municipio fue el VIH (Sida), con una tasa de 12,61 muertes por cada 100.000 Yacopícenses, ya que esta enfermedad debilita el sistema inmune y los sistemas de defensa del cuerpo contra diferentes infecciones, lo que hace que los pacientes que padecen esta enfermedad sean más susceptibles a contraer enfermedades respiratorias y posiblemente puedan fallecer. Por otra parte, en las poblaciones vulnerables como son los niños, en el periodo del 2005 al 2016 se presentaron mortalidades por IRA, con una tasa de 59,14 por cada 100.000 menores de cinco años, en 2019 el indicador aumentó de forma considerable a una tasa de 110,9 por 100.000 menores de 5 años que

comparado con el departamento es un indicador crítico (Ministerio de salud, 2021).

En este proyecto se seleccionaron cuatro zonas por características significativas como la gran aglomeración de personas, la población inmunodeprimida y los puntos críticos de contaminación. Se realizó un monitoreo atmosférico microbiológico en las cuatro zonas, para establecer las concentraciones de unidades formadoras de colonias en el municipio de Yacopí, teniendo en cuenta la norma ISO 14644, también se hizo seguimiento a la humedad relativa y la temperatura, para determinar si existían cambios en las concentraciones de bioaerosoles por estas variables ambientales. En los laboratorios de la Universidad Santo Tomás se realizó la identificación de los microorganismos, utilizando la tinción de Gram para bacterias y la tinción azul de Lactofenol para los hongos.

Se evidenció que los géneros bacterianos con mayor frecuencia de aparición fueron *Staphylococcus*, *Bacillus* y *Enterobacter* y en hongos los géneros que se presentaron con mayor frecuencia fueron *Aspergillus*, *Rhodotorula* y *Candida*, estos géneros se caracterizan principalmente por generar enfermedades respiratorias como la neumonía y afecciones digestivas que según el ASIS del año 2021 del municipio de Yacopí son unas de las principales causas de muerte en el municipio.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Caracterizar los bioaerosoles causantes de enfermedades respiratorias en el ancianato, las instituciones educativas y la plaza de mercado del municipio de Yacopí Cundinamarca.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los factores que producen las emisiones de los contaminantes primarios en el municipio de Yacopí Cundinamarca.
- Determinar cuáles de las zonas públicas evaluadas tienen mayor presencia de bioaerosoles en el municipio de Yacopí Cundinamarca.
- Analizar la relación de los bioaerosoles con las variables humedad relativa y temperatura en el municipio de Yacopí Cundinamarca.

3. Antecedentes

En el año 1930 se inició el estudio de los bioaerosoles, cuando emergió la ciencia de la aerobiología, la cual se encarga de estudiar e identificar las partículas del aire, como se generan, se transportan, se suspenden e impactan en el medio, esta ciencia tiene relación con la física, meteorología y la microbiología (Rosas et al., 2004). En España, en el año 2014, Sales con apoyo de la Universidad Politécnica de Valencia desarrolló un estudio para evaluar el comportamiento y la relación del material particulado y los bioaerosoles que estaban presentes en granjas de conejos y aves, durante el desarrollo de la investigación se obtuvo que las cantidades con mayor emisión de material particulado y bioaerosoles era los alojamientos avícolas y cunícolas presentando una gran diferencia superficial a los valores máximos permisibles según las normas establecidas de dicho país, además, se evidenció que en otros alojamientos como los de broilers, se encontraron bacterias asociadas con más de 7,0 μm de diámetro que se relacionaban por las altas concentraciones de material particulado (Sales, 2014).

Por otra parte, en Ecuador, López realizó un estudio el cual se encargó de monitorear la calidad del aire en el laboratorio de microbiología de la ESPE-Ecuador, con el fin de hallar elementos microbiológicos, para esta investigación se utilizó un instrumento que muestreaba bajo el método de remoción de partículas que estaban presentes en el aire, para identificar las muestras se hizo uso de un software y métodos particulares de la microbiología tradicional. Finalmente, como principal resultado se mostraron especies determinadas como: *Enterobacter*, *Yersinia*, *Serratia*, *Ewingella*, *Klebsiella*, *Proteus*. Es importante mencionar que al igual que en el estudio pasado las concentraciones por bioaerosoles superaron los valores permisibles establecidos por la norma de la Unión Europea (López, 2012). Así mismo, en Argentina en un estudio se hizo un análisis de la calidad del aire en cuanto a la cantidad de contaminantes ambientales (COV's, MCOV's y hongos) presentes en algunas zonas urbanas entre los años 2007 y 2009, el monitoreo se llevó a cabo en puntos en los que se presentaba fuerte tránsito vehicular. El análisis de estos contaminantes se realizó porque últimamente en estas áreas se mostraban muchos síntomas de enfermedades respiratorias y del sistema nervioso (Colman et al., 2011).

Por otra parte, en el año 2005, se realizó una investigación que se caracterizaba por evaluar la contaminación del aire en un área de gran actividad industrial y tránsito vehicular por la presencia de bioaerosoles patógenos en la localidad de Puente Aranda, para realizar el muestreo se utilizó el equipo MAS-100, el cual se ejecutó en 2 etapas; la primera, se llevó a cabo un ajuste de la metodología del

muestreo y en la segunda se monitorearon 134 muestras en 10 días. Se obtuvo como principal resultado que la mayor concentración fue en el INVIMA y en el Parque Salazar Gómez, también se determinó finalmente que no se presentaba ningún efecto significativo de algunas variables como velocidad del viento y precipitación y que se encuentra una relación directa de la presencia de enfermedades respiratorias, por la concentración de PM₁₀-UFC y se resalta como el principal factor de riesgo para el traslado de los microorganismos presentes en el aire (Rodríguez & Huertas, 2005).

Así mismo, en el año 2019, se realizaron tres investigaciones por estudiantes de la Universidad de La Salle, los cuales demostraban la presencia de microorganismos en diferentes zonas públicas de la ciudad de Bogotá, el primer trabajo realizó un estudio de la caracterización de los bioaerosoles presentes en la sala de urgencias de un Hospital ubicado en Engativá, localidad de la ciudad de Bogotá, inicialmente llevaron a cabo una identificación de las bacterias y hongos que podrían ocasionar daños a la salud, con el fin de determinar el riesgo que podrían generar las diferentes especies en cuanto a las infecciones relacionadas al sistema respiratorio que perjudicaban a los pacientes y personal trabajador del hospital; lo anterior estaba enfocado a ayudar a generar estrategias para mejorar la calidad del aire. (Alvarado & Roza, 2019).

El segundo estudio, evaluaba la presencia y relación entre el material particulado y los bioaerosoles, en dos colegios ubicados en Los Mártires y en Ciudad Bolívar, localidades de Bogotá. Para el estudio se empleó el método de impactación con el equipo MAS-100, en el cual se encontró que existía mayor cantidad de bacterias y no de hongos, se encontraron especies de tipo *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*, en el caso de los hongos el género más abundante fue *Aspergillus*, es importante mencionar que las concentraciones obtenidas sobrepasan los valores límites permisibles con lo establecido por diferentes entidades (Sarmiento & Ramos, 2019). El tercer estudio, se encargó de determinar la calidad del aire bacteriológica con la determinación de la flora bacteriana, el objetivo principal de la investigación era implantar algunas recomendaciones que pudieran ayudar a visualizar el uso de protocolos de bioseguridad y desinfección de la Clínica de Optometría de la Universidad de La Salle, para esto se llevaron a cabo muestreos en aire, superficies y equipos, durante la jornada de la mañana. Es importante recalcar que las muestras de aire se tomaron con el equipo MAS 100, mientras que las muestras en superficies y equipos fueron monitoreadas por medio de hisopado COPAN®. Para evaluar la calidad microbiológica se hizo la caracterización de 24 especies bacterianas patógenas en el aire, en las diferentes áreas y superficies (Ortiz & García, 2016).

En el año 2016 Guzmán y Pachón estudiantes de la Universidad Santo Tomás, realizaron un estudio que evaluaba el riesgo por bioaerosoles en la transmisión de enfermedades respiratorias en el Hospital de Suba, en el cual se llevó a cabo un monitoreo microbiológico de la calidad del aire, para identificar los microorganismo que generaban riesgo a las personas en el área de urgencias, se detectaron en total 81 morfotipos, que estaban presentes en la zona de urgencias del hospital, presentando la conclusión de que era un riesgo medio para la población del hospital. Para llegar a los resultados del estudio se determinaron las concentraciones y se registraron las variables ambientales; humedad relativa, temperatura y la velocidad del viento (Guzmán & Pachón, 2016).

Así mismo, en el año 2017 en una investigación de los estudiantes de la Universidad Santo Tomás, se realizó la determinación del riesgo de transmisión de infecciones por la presencia de microorganismos patógenos en el aire, que pueden ocasionar afectaciones sobre la salud humana; siendo más comunes las infecciones en personas inmunodeficientes, ya que sus sistemas de defensa no actúan de manera óptima. También se determinó el riesgo según el tipo de bioaerosol, las presentaciones clínicas, las diferentes concentraciones en los puntos de muestreo y la relación con las variables ambientales mencionadas anteriormente en otros estudios. Se hizo monitoreo de bacterias y hongos en el aire por medio del método de impactación de Andersen, como resultado principal se obtuvo un total de 42 morfotipos; conformados por 29 bacterias y 13 hongos; evidenciando que se sobrepasan los valores permisibles establecidos por la norma nacional (Rivera & Suarez, 2017).

4. Marco Teórico

4.1 Marco Conceptual.

4.1.1. Material Particulado

El material particulado forma parte de una de las principales causas de la contaminación del aire, los compuestos que lo conforman son; los sulfatos, los nitratos, el carbón, el amoníaco, el polvo mineral y el agua (Alcaldía de Bogotá, 2009). Son partículas caracterizadas por producir reacciones químicas en el aire, pueden ser tanto sólidas como líquidas y son un indicador muy común para determinar la calidad del aire, es el contaminante atmosférico que más afectaciones ocasiona por su pequeño tamaño (Mészáros, 1999). La frecuente exposición al material particulado, ocasiona enfermedades respiratorias, cardiovasculares y ocasiona daños en la salud mental y física de la población (OMS, 2021).

4.1.2. Bioaerosoles

Las partículas biológicas, más conocidas como bioaerosoles o biopartículas, se encuentran presentes a diario en el medio, aunque su variabilidad y concentración varían según la ubicación geográfica, la hora del día y las características climatológicas y ambientales. Gran parte de los bioaerosoles se originan de algunas fuentes naturales como el suelo, las fuentes hídricas, la vegetación y en menor proporción de actividades antropogénicas (Medina y De La Hoz, 2018). Estas partículas se dividen según su tamaño: los virus aproximadamente miden 0,3 μm , las bacterias entre 0,25 a 20 μm , los hongos entre 1 a 30 μm , el polen entre 17 a 58 μm y hay también otras partículas como semillas o partes de insectos que miden milímetros (Gregory, 1993).

4.1.3. Medios de cultivo

Para la determinación de bacterias (Gram positivas y Gram negativas) y hongos (filamentosos y levaduras) se establecieron los siguientes medios de cultivo:

- **Agar Sangre:** es un medio de cultivo muy rico en nutrientes, lo que permite el crecimiento de diversos grupos de microorganismos, entre estos bacterias y hongos. En este agar se presenta un crecimiento típico de las bacterias del género: *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Enterococcus* (LaborClin, 2019).
- **Agar Mac Conkey:** es un medio de cultivo selectivo que por la mezcla de sales biliares y cristal violeta permite identificar bacterias gram negativas por inhibición. En este agar se presenta un crecimiento típico de las

bacterias del género: *Escherichia*, *Klebsiella* y *Enterococcus* (Britania Lab, 2021).

- **Agar Sabouraud:** es un medio de cultivo utilizado para la identificación de levaduras y hongos, su pH ácido favorece el crecimiento de los hongos e inhibe el desarrollo de las bacterias. En este agar se presenta un crecimiento típico de los hongos del género: *Aspergillus* y *Candida* (Britania Lab, 2011).

4.1.4. Bacterias

La atmósfera favorece la dispersión de varios tipos de microorganismos (virus, bacterias y hongos). Las bacterias son microorganismos unicelulares que pertenecen al grupo de los protistas inferiores, poseen un tamaño de pocos micrómetros, vida libre y se reproducen por fisión binaria. Estos bioaerosoles se dispersan por el aire y poseen gran relevancia biológica, social y económica, puesto que producen infecciones y enfermedades en animales, plantas y humanos, causan alteración en diferentes materiales orgánicos, que ocasionan daños en infraestructuras, metales y monumentos (Fernández, 2013).

De acuerdo con lo anterior, existen dos tipos de bacterias:

- **Bacterias Gram positivas**

Este tipo de bacterias se identifican por obtener un color azul-violeta después de realizar el proceso químico denominado tinción de Gram, estas bacterias se reconocen por tener una capa gruesa de peptidoglicano de 20 a 80 nm de espesor en su pared celular (Rodríguez & Arenas, 2018).

- **Bacterias Gram Negativas**

Se identifican con la tinción de Gram con un color que se torna a rojo-rosa, en cuanto a la composición estas bacterias tienen una capa de peptidoglicano fina de aproximadamente 2 nm y una capa externa compuesta de lipopolisacáridos, lipoproteínas y lípidos (Rodríguez & Arenas, 2018).

4.1.5. Hongos

El aire contiene numerosos microorganismos en suspensión y en mayor cantidad bacterias y hongos. Los hongos son organismos del reino Fungí, pertenecen a las células eucariotas y su nivel de complejidad biológica es considerada superior en comparación al de las bacterias, normalmente tienden a propagarse a través de esporas, las cuales están conformadas por mecanismos sexuales o asexuales y no cuentan con clorofila. Existen muchas especies de levaduras y hongos, pero

se considera que aproximadamente 100 son causantes de infecciones para los seres vivos (Zapata et al., 2016). Además, se encuentran dispersos en la naturaleza y utilizan los materiales orgánicos como fuente de energía, se presentan principalmente en dos tipos: Las levaduras y los hongos filamentosos.

- **Levaduras**

Las levaduras se conocen por ser heterogéneas en cuanto a su forma y sus funciones dentro de los sistemas del ambiente; su reproducción se presenta principalmente por gemación y en algunas especies ocurre por fisión binaria. Son hongos unicelulares constituidos en su mayoría por células que suelen ser de forma esférica, alargada, ovoide y elipsoide. Generalmente las levaduras crean colonias redondeadas, pálidas o mixoides en las cajas de agar y tienden a ser abundantes en la naturaleza y se reproducen principalmente por gemación (Mejía, 2014).

- **Hongos Filamentosos**

Este tipo de hongos también conocido como Moho, están conformados por un conjunto de ramas en forma de tubos denominadas hifas, las cuales están encargadas de generar el micelio. Son caracterizados por tener un soma vegetativo semejante a la de las plantas, son de vital importancia para las actividades humanas e industriales y se multiplican por la formación de esporas. Muchos de ellos ayudan a degradar la materia orgánica, volviéndola más simple y mejorando la fertilidad del suelo (Suarez & Peñaranda, 2021).

4.1.6. Tinción de Gram

Esta tinción se encarga de proporcionar resultados verídicos de forma rápida y eficaz acerca de la presencia y las principales características del tipo de bacterias u hongos. Es una prueba de laboratorio útil y fácil, se usa un colorante que permite identificar bacterias o algunas veces hongos bajo el microscopio.

4.1.7. Tinción de azul de Lactofenol

Se caracteriza por ser una tinción de fácil uso, que se basa en la proporción de afinidad del colorante a los componentes de las células, principalmente en las estructuras fúngicas, por lo general permite identificar el género del microorganismo.

4.1.8. Morbilidad

La morbilidad se encarga de estudiar aquellas enfermedades que se presentan en las personas, ayudan a entender el crecimiento de la población, y sobre todo permite analizar y elaborar políticas de salud para el bienestar de los mismos.

4.1.9. Mortalidad

La mortalidad se caracteriza por ser una estadística utilizada para analizar la situación de salud, donde se estudia la frecuencia del número de defunciones de la población estudiada.

4.1.10. Equipo MAS-100

Este tipo de instrumentos están diseñados para realizar un seguimiento a la calidad del aire por medio del principio de impactación de Andersen, donde se aspira el aire mediante una placa perforada y el flujo de aire se conduce a una caja de Petri estándar de 100 mm que contiene un medio de cultivo para el crecimiento de los microorganismos (EMD, 2015).

A continuación, en la fotografía 4-1 se muestra el equipo MAS-100.

Fotografía 4-1. MAS-100.



Fuente: Autoras.

4.1.11. Termohigrómetro

El termohigrómetro es un instrumento electrónico utilizado para monitorear la temperatura y la humedad relativa en ambientes externos, permite identificar si el ambiente de un lugar está en buenas condiciones de confort.

En la siguiente fotografía 4-2, se evidencia la medición de las variables en el termohigrómetro uno de los días muestreados.

Fotografía 4-2. Termohigrómetro.



Fuente: Autoras.

4.1.12. Enfermedades respiratorias

La contaminación en el aire produce gran parte de las enfermedades respiratorias y se caracterizan porque son muy comunes y por provocar morbilidad y mortalidad en la población (Hernández et al., 2007). Estas enfermedades se caracterizan por ser un conjunto de patologías que afectan a los pulmones y demás componentes del sistema respiratorio. La gravedad de la enfermedad varía significativamente dependiendo de las condiciones ambientales, el organismo receptor y el contaminante o en muchos casos el microorganismo infeccioso (OMS, 2014).

4.1.12.1. Neumonía

La neumonía sigue siendo una de las principales causas de muerte en el país, esta enfermedad provoca 13 de cada 100.000 muertes en Colombia. Los microorganismos que más favorecen la aparición de esta enfermedad son los *Streptococcus pneumoniae*, seguido por *Haemophilus influenzae* y *Staphylococcus aureus*. Actualmente se han determinado varios factores de riesgo como morbilidades asociadas y factores epidemiológicos que aumentan la probabilidad de infección con ciertos microorganismos (Palomares,2020).

4.1.12.2. Bronquitis crónica

Esta enfermedad pulmonar es una de las principales causas de muerte, con más de 150.000 muertes al año y esta cifra va en aumento en todo el mundo debido al incremento que tiene el tabaquismo y la disminución de las muertes por enfermedades infecciosas. Esta enfermedad se caracteriza por generar inflamación y aumentar la mucosidad en las vías respiratorias, se identifica por tos crónica y generación de flema y esputo la mayoría de los días de la semana durante al menos 3 meses consecutivos del año (ATS, 2005).

4.1.12.3. Bronquiolitis

En los últimos años ha aumentado el número de hospitalizaciones por bronquiolitis, esta es una enfermedad derivada a las características meteorológicas, que se da principalmente en tiempos de lluvias y frío. En los Estados Unidos, alrededor del 1% de los niños hospitalizados por bronquiolitis, según las estadísticas estadounidenses, presenta el virus respiratorio sincitial que causa alrededor de 700.000 casos de bronquiolitis en bebés al año. La forma de infección es un eslabón epidemiológico activo, ya sea en un ámbito hospitalario donde los trabajadores de la salud actúan como vectores de transmisión, o por inoculación por contacto con pacientes infectados (Pérez, 2016).

4.1.12.4. Traqueítis

La traqueítis sigue siendo una causa relevante de obstrucción en las vías respiratorias y ocurre en un 5 a 14% de los pacientes que están en cuidados intensivos. Esta infección bacteriana de la tráquea es causada con mayor frecuencia por el género *Staphylococcus*, que provoca una obstrucción grave de las vías respiratorias superiores (Noriega y López, 2018).

4.1.12.5. Asma

Según la OMS actualmente el asma afecta a 235 millones de personas en todo el mundo. En Colombia, la prevalencia se estima en alrededor del 12% y se caracteriza por inflamación de las vías respiratorias y cambios en los tejidos de las mismas, como hiperplasia epitelial de células caliciformes. La enfermedad puede presentarse en la infancia, por lo que factores genéticos y ambientales contribuyen a su aparición y desarrollo. (Moral et al., 2019).

4.1.12.6. Rinitis

Es una enfermedad crónica grave que afecta significativamente la calidad de vida, es un problema de salud importante y creciente, que representa al menos el 40%

de todas las infecciones respiratorias agudas, y se estima que la rinitis alérgica afecta a más de 500 millones de personas en todo el mundo. Se caracteriza por un proceso inflamatorio de la mucosa nasal que ocurre cuando el organismo reconoce una sustancia, generalmente del ambiente, como extraña y se defiende de esa sustancia, provocando una serie de síntomas como; obstrucción o congestión nasal, secreción nasal, estornudos y síntomas de ojos, garganta y oídos, que son un grupo heterogéneo de afecciones (OMS, 2014).

4.1.12.7. Tuberculosis

Aunque la tuberculosis es una enfermedad prevenible y tratable, sigue siendo un importante problema de salud pública en todo el mundo. Cada año se diagnostican 230.000 nuevos casos y más de 53.000 personas mueren a causa de la enfermedad. La tuberculosis generalmente afecta los pulmones o el árbol traqueobronquial y se transmite por bacterias cuando una persona con activa tose, estornuda o habla, lo cual hace que pequeños bioaerosoles bioaerosoles inferiores a 5 micras con bacilos infecciosos, pueden quedar suspendidos en ambientes cerrados (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014).

4.2. Marco Normativo

El marco normativo de la calidad del aire en Colombia se expide al Decreto 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en específico al artículo 75, donde se estipula que el gobierno debe contar con normas dirigidas a evitar la contaminación atmosférica.

En los últimos años el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial actualizó la normativa que vincula variables que afectan la calidad del aire del país. En abril del año 2006 se expidió el Decreto 979 y la Resolución 601, que fue modificada por la Resolución 610 de 2010, en donde se actualizan los estándares de calidad del aire y se establecen medidas para la atención de episodios para los niveles de prevención, alerta y emergencia.

Hoy en día Colombia no cuenta con una normatividad que especifique una regulación de la calidad de aire para ambientes intramurales ni tampoco que establezca parámetros microbiológicos. Por tal razón el presente estudio tendrá sus fundamentos en algunas normatividades internacionales.

En la siguiente tabla se presentan algunas normas aplicables al proyecto:

Tabla 4-1. Normatividad aplicable al proyecto.

Normativa	Objeto	Aplicabilidad
ISO 14644-1	Hace referencia a las clases de la limpieza del aire en salas blancas y en ambientes controlados. Según la norma la clasificación del aire se realiza únicamente en términos de concentración de partículas suspendidas. De acuerdo con esta norma, las dimensiones de las partículas están definidas en un rango de 0,1 μm hasta 5 μm .	Se tomó como una referencia principal para determinar el número de puntos de muestreo de cada una de las zonas a monitorear, teniendo en cuenta lo establecido en la norma para los espacios controlados y el área de los lugares.
NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire	Establece el método para realizar el conteo de bacterias y hongos en el aire, la técnica se basa en el realizar el monitoreo del aire a través del aparato SAS (Surface Air System) compact.	Cómo tal no se realizó el método establecido en esta normativa, solo se tomó como una de las referencias a tener en cuenta para llevar a cabo el debido monitoreo de los microorganismos.
NTP 243: Ambientes cerrados: Calidad del aire	Indica los factores que perjudican la calidad del aire en los ambientes cerrados e indica algunas técnicas para el control de la calidad del aire centra sus recomendaciones en la necesidad de renovar el aire interior con aire fresco.	Para realizar la medición de las variables como temperatura y humedad relativa se tuvieron en cuenta las características establecidas en la técnica como posibles factores que afectan directa e indirectamente la calidad del aire en las zonas del municipio.
NTP 1064: Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo	Se compone de dos partes y se centra en el monitoreo de contaminantes biológicos como parte del proceso de investigación de problemas de calidad del aire	Fue uno de los métodos base seleccionados para realizar el monitoreo de los microorganismos.

	interior, establece las estrategias para el muestreo.	
--	---	--

Fuente: Autoras.

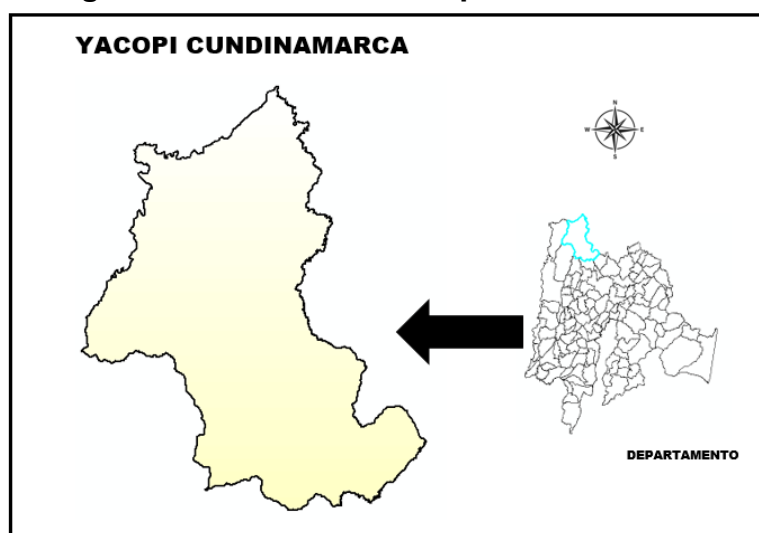
4.3. Marco Contextual

4.3.1. Descripción del municipio

El municipio de Yacopí, es el segundo municipio de mayor extensión en el Departamento de Cundinamarca, es el primero en el Rionegro, con 109.478,35 Hectáreas, de las cuales 31.35 corresponden a la parte urbana y los 109.447 restantes corresponden a la parte rural. Limita al norte y oriente con el departamento de Boyacá, y al sur con Paima, Topaipí y La Palma, al occidente con Puerto Salgar y Guaduas,

En la figura 4-1, se presenta la ubicación del municipio dentro del departamento de Cundinamarca.

Figura 4-1. Ubicación Yacopí Cundinamarca.



Fuente: Autoras.

4.3.2. Población

El municipio de Yacopí cuenta con 16.897 habitantes, la población se concentra en las zonas rurales (77%), por lo que solo el 23% de los habitantes vive en el área urbana. Al ser una zona urbana con un alto porcentaje de niños, esto demuestra que la capacidad de los establecimientos educativos no es suficiente

para toda la población, requiriendo una gran cantidad de establecimientos educativos para atenderlos.

4.3.3. Salud

El Municipio de Yacopí cuenta con un Centro de Salud de primer Nivel, el cual depende administrativamente del Hospital de La Palma dentro del sistema de referencia, lamentablemente no se tienen los recursos necesarios para asistir médicamente a una persona, puesto que, la estructura no está en las mejores condiciones, no está el personal necesario para cubrir emergencias y no se cuenta con medios de transportes aptos para el traslado de los pacientes.

Hace unos años se realizó un estudio que mostró que la prevalencia se concentraba en enfermedades respiratorias, representando el 37% de las consultas médicas y hospitalizaciones, seguidas de diarrea y desnutrición por parásitos intestinales, las cuales son producidas por el parasitismo intestinal, seguidas están la tuberculosis, la hipertensión arterial, la leishmaniosis, los riesgos perinatales, y otras (Ministerio de salud, 2021).

4.3.4. Condiciones Ambientales

El municipio se caracteriza por la notable presencia de abundante agua, principalmente de la cuenca del Rionegro. Esta condición permite un suministro continuo de agua en condiciones normales a los sistemas de acueducto. La CAR ha determinado algunas áreas de recuperación y conservación forestal y recursos conexos que ameritan ser protegidas y conservadas, de acuerdo con lo establecido en el mapa de zonificación rural; estos factores conducirán a la creación de reservas naturales integrales, parques ecológicos y todo tipo de áreas protegidas.

Nunca se han realizado estudios que permitan determinar cuál es el estado de la calidad del aire; sin embargo; a simple vista se observa que no es muy buena, puesto a que la mayoría de las calles se encuentran sin pavimentar, hay presencia de vehículos de alta carga y cerca del municipio hay una mina de azufre.

4.3.5. Descripción zonas de muestreo

4.3.5.1. Ancianato

El hogar del adulto mayor se encuentra ubicado en el casco urbano de Yacopí, se encarga de ayudar a personas de la tercera edad que no cuentan con un hogar o que son abandonados por sus familiares. Actualmente alberga a 23 abuelitos, el rango de edad de ellos está entre los 60 y 100 años, algunos de ellos no se encuentran en buen estado de salud porque no hay los recursos necesarios. En cuanto a la alimentación, el vestir y los medicamentos, son otorgados por un presupuesto que da el estado, pero muchas veces no es suficiente; así que la parroquia Nuestra Señora del Carmen recoge mercado y dinero para generar ayuda a los adultos mayores.

4.3.5.2. Plaza de Mercado Municipal

El municipio cuenta con una Plaza de Mercado que se encuentra ubicada en el casco urbano, en donde se da la comercialización de productos agrícolas, algunos de ellos cultivados en las tierras yacopicenses como; café, panela, yuca, plátano, chocolate, maíz, entre otros. También se realiza la venta de otros productos importados desde otros municipios aledaños como; papa, frutas, verduras, carnes y lácteos. Hace algunos años la Plaza tuvo una remodelación estructural, pero se ha ido desgastando con el pasar del tiempo y su estructura no se encuentra en las mejores condiciones; además, la Plaza cuenta con una zona donde se acumulan los residuos sólidos de verduras, frutas y otros.

4.3.5.3. Institución Educativa Departamental Eduardo Santos (EDUSAN)

Se encuentra ubicada en el casco urbano del municipio, cuenta con dos sedes para la educación primaria, una es la escuela “María Auxiliadora” y la otra es la escuela “José Antonio Galán”; además, está la sede principal donde se brinda el bachillerato para la jornada diurna, nocturna y sabatina.

4.3.5.4. Instituto Técnico Agropecuario (ITA)

Se encuentra ubicado al noroccidente del municipio aproximadamente a 4 km del casco urbano de Yacopí, en la zona rural. El ITA ofrece a la comunidad la educación secundaria en jornada diurna y sabatina; además, cuenta con la escuela El Ube, una sede para brindar preescolar y primaria. Uno de los problemas típicos de esta institución y su sede es que no se tiene un adecuado mantenimiento de las plantas físicas y hay escasez de profesores.

5. Metodología

5.1. Selección Lugares de Muestreo

Se seleccionaron cuatro lugares de muestreo:

- El ancianato
- La Plaza de Mercado Municipal
- La Institución Educativa Departamental Eduardo Santos (EDUSAN)
- El Instituto Técnico Agropecuario (ITA)

Los cuatro son lugares públicos, con frecuente aglomeración de personas y población vulnerable, como personas de la tercera edad y niños.

5.2. Selección Puntos de Muestreo

Para determinar el número de puntos de muestreo en cada una de las 4 zonas establecidas se aplicó la metodología de la norma ISO 14644-1, la cual se usa según el área del lugar a muestrear y específicamente para espacios controlados (ISO, 2015).

En la siguiente tabla se determinan el número de puntos de muestreo de acuerdo con el área del lugar a monitorear:

Tabla 5-1. Puntos de muestreo

Área en m^2 menor o igual a	Número mínimo de puntos de muestreo
2	1
4	2
6	3
8	4
10	5
24	6
28	7
32	8
36	9
52	10
56	11
64	12
68	13
72	14
76	15
104	16
108	17

116	18
148	19
156	20
192	21
232	22
276	23
352	24
436	25
636	26
1000	27
>1000	Ver Ecuación 1.

Fuente: (ISO, 2015)

La ecuación 5-1, se tomó como referencia, pero no se usó debido a que las áreas de los lugares a monitorear eran inferiores a $1000 m^2$.

Ecuación 5-1. Puntos de muestreo

$$Nl = 27 * \left(\frac{A}{1000}\right)$$

Donde,

Nl: puntos de muestreo

A: área del lugar de muestreo en m^2

5.3. Número de muestras

Para la determinación del número de muestras, se tuvo en cuenta el punto de muestreo y los medios de cultivo a utilizar, se recomienda realizar tres repeticiones en el punto para hacer significativa la muestra y en este caso se utilizó 3 medios de cultivo.

Para el número de muestras se hizo uso de la ecuación 5-2:

Ecuación 5-2. Número de muestras

$$\text{Número de muestras} = Nl * R * Cl$$

Donde,

Nl: puntos de muestreo

R: repeticiones

Cl: número de medios de cultivo (Guzmán & Pachón, 2016).

5.4. Medios de cultivo

Se seleccionaron tres medios de cultivo para el crecimiento de los microorganismos:

- **Agar Sangre**: permite el crecimiento de bacterias y hongos.
- **Agar Mac Conkey**: permite el crecimiento de bacterias.
- **Agar Sabouraud**: permite el crecimiento de hongos.

El proceso de preparación de los medios de cultivo se encuentra registrado en el Anexo D.

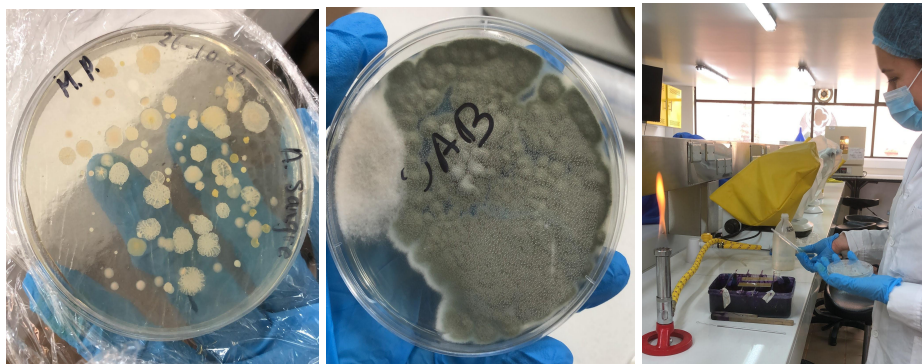
5.5. Muestreo previo

Se llevó a cabo un muestreo antes de realizar el monitoreo real en el municipio de Yacopí Cundinamarca, esto con el fin de practicar el uso y manejo de los equipos y obtener experiencia con ellos; además, se estableció el volumen a utilizar en el equipo MAS-100 para la toma de muestras. El muestreo previo se realizó dos semanas antes de viajar al municipio, las muestras se tomaron en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Santo Tomás, ya que este espacio era cerrado y cumplía con algunas características similares a los lugares que se muestrearían para el proyecto.

La toma de muestras se hizo en la clase de Microbiología, se hizo introducción del tema y se mostró el funcionamiento de los equipos a los estudiantes, se tomaron dos muestras, uno para bacterias con el medio de cultivo Agar Sangre y el otro para hongos con el Agar Sabouraud. Finalmente se aislaron las muestras y se identificaron con ayuda de las tinciones.

En la fotografía 5-1 se muestran las cajas de Petri con los microorganismos obtenidos en el muestreo previo y luego se evidencia la identificación con una de las tinciones.

Fotografía 5-1. Monitoreo Previo



Fuente: Autoras.

5.6. Muestreo

Inicialmente se tuvo en cuenta que como el muestreo era por fuera de la ciudad se debían llevar las muestras refrigeradas, por lo que se usaron neveras de icopor y bolsas de hielo. Es importante recalcar que se cambiaban las bolsas de hielo a medida que se iban descongelando porque el muestreo se realizó por varios días.

Para realizar el muestreo se llevaron los implementos de bioseguridad (guantes, tapabocas y cofia), así mismo, los equipos a utilizar (equipo MAS-100 y termohigrómetro). Antes de salir a las zonas de muestreo se hacía una pequeña supervisión de que los equipos estuvieran en buen estado. Al iniciar el muestreo se desinfectaban los equipos con alcohol y se procedía con el monitoreo, el tiempo que duró el equipo MAS-100 en realizar la succión de cada muestra era de 60s, posterior a esto se llenaba el formato de campo con los respectivos datos.

El muestreo se realizó en un horario entre las 7:00 a.m. y las 2:00 p.m., se monitoreo durante tres días (sábado, domingo y martes) para las cuatro zonas, teniendo en cuenta que estos son los días con mayor aglomeración de personas en los diferentes lugares.

Por último, se aislaron y se refrigeraron las cajas de Petri mientras se terminaban de realizar todos los muestreos y se regresaba a la Universidad Santo Tomás.

En la Fotografía 5-2 se registra el muestreo en diferentes zonas del municipio.

Fotografía 5-2. Muestreo.



Fuente: Autoras.

5.6.1 Monitoreo Microbiológico

La toma de muestras se hizo por succión, utilizando el equipo MAS -100 Eco (Microbiologic Air Sampler), el equipo opera con una variación de caudal de 10 a 180 L/min, esto con el fin de llevar un control de la contaminación del aire, es importante resaltar que, dependiendo la temperatura y presión, la cantidad del aire se puede ajustar teniendo en cuenta la sobrecarga de la caja de Petri o factores externos (UPV, 1997).

El valor establecido del volumen para el muestreo previo y el muestreo real fue 100 L/min, ya que es el valor estándar recomendado por el Manual del MAS-100 Eco (EMD, 2015). Este valor permite que el equipo maneje un flujo moderado, ya que si el caudal es muy bajo puede que no se llegue a aspirar una cantidad de muestra relevante, pero sí es muy alto se puede saturar la caja de Petri.

Antes de utilizar el equipo muestreador de aire se verificó el estado de calibración y su funcionamiento correcto y se procedió a desinfectar, posteriormente se chequeó la esterilidad de los medios de cultivo y se ubicó el equipo en el punto de muestreo a una altura entre 1 y 1.5 m. Luego se abrió la tapa perforada girándola hacia la izquierda, se colocó la caja de Petri cerrada sobre el soporte del equipo,

se le quitó la tapa y se guardó en una bolsa hermética durante la toma de muestra para evitar que se contaminará.

Después se colocó la tapa perforada, se encendió el equipo y se programó de acuerdo con el caudal establecido, se seleccionó “START” y se retiró la cubierta antipolvo, el equipo aspiró el aire por la tapa perforada y al finalizar se colocó nuevamente la cubierta antipolvo, el monitoreo tuvo una duración de 60s, por muestra. Luego, se retiró la tapa perforada y se tapó la caja de Petri, esta se rotuló con la información del día, hora, punto de muestreo y medio de cultivo utilizado. Este proceso se repitió con cada uno de los medios de cultivo y frecuentemente se desinfectó el cabezal y el guardapolvo. Al finalizar cada día de muestreo se puso a cargar el equipo durante 9 h, para los muestreos posteriores.

5.6.2 Medición de Variables Ambientales

Se realizó el registro de las variables humedad relativa y temperatura, ya que podían ocasionar modificaciones en la generación de bioaerosoles y en los efectos a la salud, para la medición de estas variables se hizo uso de un termohigrómetro.

Es de resaltar que no se pudo registrar la velocidad del viento debido a que se presentó un problema técnico con el equipo correspondiente.

La Nota Técnica de prevención del Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España (NTP) 234: ambientes cerrados y calidad de aire, recomienda que la temperatura interior a la hora de realizar el muestreo debe permanecer entre los 20 a los 26 °C y la humedad relativa debe permanecer en un rango del 20 al 60% (INSHT, 1998).

Finalmente se realizó una prueba estadística en SPSS para relacionar los datos de temperatura y humedad relativa con la concentración encontrada de bioaerosoles.

5.7. Caracterización e identificación

Después de tomar la muestra, la caja de Petri se coloca nuevamente en la nevera, se incuba según el tipo de cultivo y se determina el tipo de microorganismo según la formación y crecimiento de la colonia.

Las muestras de bacterias se refrigeraron en una nevera, mientras que se trasladaban a la Universidad Santo Tomás a la incubadora para ponerlas a una temperatura de 37 °C durante 24 a 48 horas. Para el caso de los hongos, se

colocaron a temperatura ambiente en una zona oscura por 5 días. Lo anterior se hizo para preservar las muestras y obtener características óptimas para notar la presencia de los bioaerosoles y de igual manera poder realizar el análisis de los microorganismos y las demás correlaciones.

Es importante aclarar que no se cuenta con los equipos y materiales necesarios para hacer una identificación bioquímica de los microorganismos a profundidad, por ende, solo se pudo hacer un acercamiento al género, pero no a la especie.

Para la identificación de bacterias se utilizó la Tinción de Gram, que ayuda a identificar las bacterias Gram negativas y las Gram positivas por diferentes coloraciones y por sus características en la pared celular (López et al., 2014). Para identificar los hongos se realizó tinción con azul de lactofenol y con ayuda del microscopio se determinó los géneros de acuerdo con la estructura, forma y coloración de las colonias (Guzmán & Pachón, 2016).

La elaboración de las tinciones se encuentra registrada en el Anexo D.

5.8. Cuantificación de colonias

Para el conteo de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC/m^3) se utilizó para cada caja de Petri muestreada la fórmula del “Método del recuento para bacterias y hongos del aire” del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene.

La siguiente ecuación se utilizó para determinar el número de unidades formadoras de colonias que se encontraban en cada una de las cajas de petri.

Ecuación 5-3. Número de UFC/m^3

$$N^{\circ}(UFC/m^3) = \frac{Nc*1000}{V*NU}$$

Donde,

Nc : número de colonias por caja de Petri

V : volumen utilizado en el MAS-100 (L)

NU : número de unidades de tiempo utilizado por muestreo (s) (INSST, 1999).

Para el número de colonias por caja de petri se utilizó el microscopio para contar las colonias visibles, en algunos casos fue posible contarlas sin ayuda del equipo, el volumen y el número de unidades de tiempo fue el mismo para cada muestra.

5.9. Mapas de concentraciones

Para cada zona muestreada se realizó un mapa en el programa ArcGis para ilustrar el promedio de las concentraciones de los microorganismos, cada mapa se hizo con un rango de colores según la concentración de bacterias y hongos encontrados en la zona monitoreada.

Luego se realizaron comparaciones de los mapas por sus características más significativas, como la diferencia de concentración en los dos colegios, uno rural y el otro urbano y la variación en un día común y uno de mercado.

6. Resultados

6.1. Lugares de muestreo

6.1.1. Ancianato

El lugar alberga a 23 abuelitos, los cuales son población inmunodeprimida, ya que por su edad son propensos a presentar diferentes enfermedades. Se tomaron las muestras en el comedor, la cocina y la sala que se encontraba más cercana a la zona de alimentación.

En la fotografía 6-1, se muestra uno de los monitoreos realizados en la sala cerca del comedor del ancianato.

Fotografía 6-1. Muestreo en el Ancianato



Fuente: Autoras.

6.1.2. Plaza de Mercado Municipal

Se evidenció el mal estado de la Plaza de Mercado por la zona de acumulación de residuos sólidos que genera malos olores y favorece la aparición de las plagas como palomas, roedores y moscos. Durante el muestreo la población expresó su molestia por el estado en que se encuentra la Plaza y pidieron que se enviará el

análisis de las muestras y el proyecto directamente a la entidad encargada para generar medidas de saneamiento.

Para llevar a cabo el monitoreo se tuvo en cuenta el área más grande de la plaza, el cual es el primer piso en donde se realiza la venta de alimentos.

En la Fotografía 6-2 se registra el monitoreo realizado en uno de los puntos de la plaza en el día de mercado.

Fotografía 6-2. Muestreo en la Plaza de mercado



Fuente: Autoras.

6.1.3. Institución Educativa Departamental Eduardo Santos (EDUSAN)

La toma de muestras se realizó en un día de la jornada diurna y otro de la jornada sabatina, con el ideal de hacer la comparación de la concentración de bioaerosoles en diferentes escenarios. Se muestrearon diferentes puntos en el restaurante del colegio, el rango de edad de la población presente estaba por encima de los 10 años. En la fotografía 6-3, se evidencia la toma de uno de los puntos de muestreo cercano de donde se sirven los alimentos.

Fotografía 6-3. Muestreo en el colegio EDUSAN



Fuente: Autoras.

6.1.4. Instituto Técnico Agropecuario (ITA)

Para el proyecto se muestreo el restaurante, en sus dos jornadas, la diurna y la sabatina para establecer una comparación de los bioaerosoles según los días y el número de estudiantes que asisten al Instituto. Es importante resaltar que este colegio al estar ubicado en la parte rural se encuentra rodeado de bastante vegetación y animales.

En la Fotografía 6-4 se presenta uno de los puntos de muestreo del día de la jornada diurna.

Fotografía 6-4. Muestreo en el colegio ITA



Fuente: Autoras.

6.2. Número de Puntos de Muestreo y Número de Muestras

El número total de muestras estimadas según las áreas muestreadas fue de 612, pero por limitaciones en el tiempo de muestreo, los materiales, insumos y las

condiciones para refrigerar las muestras se disminuyó a 204, con el fin de generar un ajuste a los medios disponibles.

La tabla 6-1, se realizó con el fin de presentar el número de puntos de muestreo y las muestras estimadas en cada una de las zonas teniendo en cuenta el área del lugar.

Tabla 6-1. Número de Puntos de muestreos y Número de muestras por área.

Puntos de Muestreo	Área total de muestreo	Número de puntos de muestreo	Número de muestras estimadas
Ancianato	51,14 m ²	10	30
Plaza de mercado	115,10 m ²	18	54
Colegio EDUSAN	250 m ²	23	69
Colegio ITA	106,41 m ²	17	51
TOTAL		68	204

Fuente: Autoras.

6.3. Identificación de microorganismos

Luego de realizar los muestreos en las zonas del municipio de Yacopí Cundinamarca, se identificaron los géneros de los microorganismos, entre estos; dos géneros de las bacterias gram positivas, seis gram negativas; siete hongos filamentosos y dos levaduras. A continuación, en la siguiente figura 6-1 se evidencian los géneros obtenidos.

Figura 6-1. Identificación de los microorganismos localizados en las 4 zonas de muestreo en Yacopí.



Fuente: Autoras.

6.3.1. Distribución de Microorganismos por Género

Se realizó una tabla teniendo en cuenta los 4 lugares muestreados, para determinar el género del microorganismo y su concentración promedio en cada zona. En la Tabla 6-2 se evidencia cada uno de ellos.

Tabla 6-2. Microorganismos identificados por Género

Lugar de Muestreo	Microorganismos	Género	Concentración UFC/m ³
Ancianato	Bacterias Gram Positivas	<i>Bacillus</i>	8,29
Ancianato	Bacterias Gram Positivas	<i>Staphylococcus</i>	6,70
Ancianato	Bacterias Gram Negativas	<i>Enterobacter</i>	1,92
Ancianato	Bacterias Gram Negativas	<i>Escherichia</i>	7,50
Ancianato	Bacterias Gram Negativas	<i>Klebsiella</i>	4,93
Ancianato	Hongos Filamentosos	<i>Alternaria</i>	9,00
Ancianato	Hongos Filamentosos	<i>Aspergillus</i>	8,98
Ancianato	Hongos Filamentosos	<i>Cladosporium</i>	12,17
Ancianato	Hongos Filamentosos	<i>Mucor</i>	4,92
Ancianato	Hongos Filamentosos	<i>Rhizopus</i>	10,39
Ancianato	Hongos Filamentosos	<i>Ulocladium</i>	14,17
Ancianato	Hongos Levaduras	<i>Rhodotorula</i>	14,00
Plaza de mercado	Bacterias Gram Positivas	<i>Bacillus</i>	3,95
Plaza de mercado	Bacterias Gram Positivas	<i>Staphylococcus</i>	5,31

Plaza de mercado	Bacterias Gram Negativas	<i>Enterobacter</i>	7,56
Plaza de mercado	Bacterias Gram Negativas	<i>Klebsiella</i>	7,50
Plaza de mercado	Bacterias Gram Negativas	<i>Shigella</i>	3,33
Plaza de mercado	Bacterias Gram Negativas	<i>Yersinia</i>	8,67
Plaza de mercado	Hongos Filamentosos	<i>Aspergillus</i>	6,58
Plaza de mercado	Hongos Filamentosos	<i>Cladosporium</i>	8,83
Plaza de mercado	Hongos Filamentosos	<i>Rhizopus</i>	6,94
Plaza de mercado	Hongos Levaduras	<i>Candida</i>	9,00
Plaza de mercado	Hongos Levaduras	<i>Rhodotorula</i>	12,55
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Positivas	<i>Bacillus</i>	2,56
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Positivas	<i>Staphylococcus</i>	7,61
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Negativas	<i>Enterobacter</i>	3,11
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Negativas	<i>Escherichia</i>	13,22
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Negativas	<i>Klebsiella</i>	12,67
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Negativas	<i>Salmonella</i>	13,83
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Negativas	<i>Shigella</i>	4,33
Colegio EDUSAN	Bacterias Gram Negativas	<i>Yersinia</i>	5,33
Colegio EDUSAN	Hongos Filamentosos	<i>Aspergillus</i>	11,65
Colegio EDUSAN	Hongos Filamentosos	<i>Cladosporium</i>	7,39
Colegio EDUSAN	Hongos Filamentosos	<i>Rhizopus</i>	9,33
Colegio EDUSAN	Hongos Filamentosos	<i>Ulocladium</i>	15,50
Colegio EDUSAN	Hongos Levaduras	<i>Candida</i>	12,06
Colegio EDUSAN	Hongos Levaduras	<i>Rhodotorula</i>	10,57
Colegio ITA	Bacterias Gram Positivas	<i>Bacillus</i>	4,21
Colegio ITA	Bacterias Gram Positivas	<i>Staphylococcus</i>	8,60
Colegio ITA	Bacterias Gram Negativas	<i>Enterobacter</i>	9,42
Colegio ITA	Bacterias Gram Negativas	<i>Escherichia</i>	7,00
Colegio ITA	Bacterias Gram Negativas	<i>Shigella</i>	2,25
Colegio ITA	Bacterias Gram Negativas	<i>Yersinia</i>	2,5
Colegio ITA	Hongos Filamentosos	<i>Aspergillus</i>	8,10
Colegio ITA	Hongos Filamentosos	<i>Mucor</i>	10,92
Colegio ITA	Hongos Filamentosos	<i>Penicillium</i>	8,67
Colegio ITA	Hongos Filamentosos	<i>Rhizopus</i>	8,81
Colegio ITA	Hongos Levaduras	<i>Candida</i>	8,08

Fuente: Autoras.

6.4. Mapas de Concentraciones

Para determinar las diferentes concentraciones de bioaerosoles en cada una de las zonas de los lugares muestreados, se realizaron mapas teniendo en cuenta el microorganismo, el lugar y el día en que se realizó el muestreo. En el anexo E, se presentan cada uno de ellos.

6.5. Comportamiento de la concentración de Microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en las diferentes zonas de muestreo

Se registró la temperatura y la humedad relativa para cada punto de muestreo, en cada una de las siguientes tablas se presentan los datos de las zonas donde hubo mayores concentraciones de bioaerosoles. En el Anexo G, se registran los datos de las variables en los otros lugares muestreados.

En la tabla 6-3, se evidencian los datos del comportamiento de la concentración de bacterias en cuanto a la temperatura y la humedad relativa en el ancianato.

Tabla 6-3. Comportamiento de la concentración de bacterias frente a la Temperatura y Humedad Relativa en el Ancianato el día 7-Nov

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración de Bacterias UFC/m ³	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Ancianato	7-nov	2	21,4	63
Ancianato	7-nov	11,17	22,6	62
Ancianato	7-nov	1,83	22,4	62
Ancianato	7-nov	27	22,7	62
Ancianato	7-nov	3	21,8	61
Ancianato	7-nov	3,83	21,8	60
Ancianato	7-nov	1,33	21,5	60
Ancianato	7-nov	1,5	20,6	59
Ancianato	7-nov	10,5	21,8	60
Ancianato	7-nov	3,83	21,4	60
Ancianato	7-nov	4,17	21,8	62
Ancianato	7-nov	7,67	21,8	61

Fuente: Autoras.

Los datos del comportamiento de la concentración de bacterias y hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el colegio EDUSAN en la jornada diurna se observan en la tabla 6-4.

Tabla 6-4. Comportamiento de la concentración de bacterias y hongos frente a la Temperatura y Humedad Relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración de Bacterias UFC/m ³	Concentración de Hongos UFC/m ³	Temperatura °C	Humedad Relativa %
EDUSAN	8-nov	13,83	2,17	21,3	77
EDUSAN	8-nov	14,33	3	21,7	76
EDUSAN	8-nov	15,67	2,5	21,7	76
EDUSAN	8-nov	16,33	3,17	21,4	77
EDUSAN	8-nov	14,17	1,17	21,6	77
EDUSAN	8-nov	15,67	20,17	22,6	77
EDUSAN	8-nov	7,67	12,67	22,4	77
EDUSAN	8-nov	16,17	13,83	22,3	77
EDUSAN	8-nov	12,17	4,33	21,8	78
EDUSAN	8-nov	12,17	3,5	21,6	78
EDUSAN	8-nov	12,67	5,83	21,2	77
EDUSAN	8-nov	15,5	8	21,8	77

Fuente: Autoras.

En la tabla 6-5, se evidencian los datos del comportamiento de la concentración de hongos en cuanto a la temperatura y la humedad relativa en la plaza de mercado el día de mercado.

Tabla 6-5. Comportamiento de la concentración de hongos frente a la Temperatura y Humedad Relativa en la Plaza de Mercado el día 6-Nov

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración de Hongos UFC/m ³	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Plaza de mercado	6-nov	5,33	19,8	77
Plaza de mercado	6-nov	5,17	19,8	77
Plaza de mercado	6-nov	11	20,8	77
Plaza de mercado	6-nov	17,83	20,6	75
Plaza de mercado	6-nov	5,33	20,5	76
Plaza de mercado	6-nov	12,5	20,8	76
Plaza de mercado	6-nov	7,17	20,8	75
Plaza de mercado	6-nov	10,17	20,7	75
Plaza de mercado	6-nov	10,67	20,4	75
Plaza de mercado	6-nov	15,33	20,8	77
Plaza de mercado	6-nov	15,33	20,8	77
Plaza de mercado	6-nov	22,17	21,2	75
Plaza de mercado	6-nov	22,33	20,8	76
Plaza de mercado	6-nov	-	21,3	76
Plaza de mercado	6-nov	-	20,6	76

Fuente: Autoras.

7. Análisis y discusión de resultados

7.1. Microorganismos por género identificados en cada zona de Muestreo

En las cuatro zonas muestreadas del municipio de Yacopí se encontraron diferentes géneros de microorganismos, las siguientes gráficas son de los lugares donde se presentó mayor concentración de bacterias y hongos.

En el Anexo F. se encuentran las gráficas de los géneros identificados en los demás lugares muestreados.

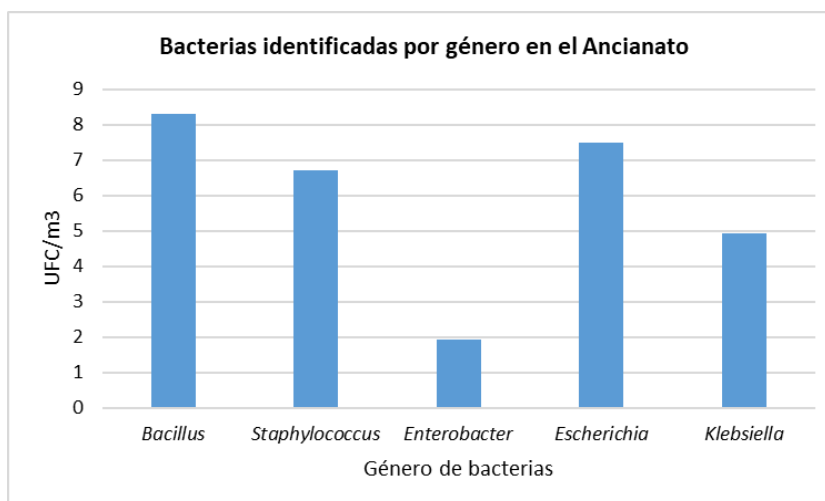
7.1.1. Bacterias por Género identificadas en el Ancianato

En el ancianato en cuanto al comportamiento de las bacterias, la mayor concentración promedio se presentó en el género *Bacillus* con una concentración de 8,29 UFC/m³, el género *Staphylococcus* con 6,70 UFC/m³, y *Escherichia* con una concentración de 7,50 UFC/m³, como se presenta en la gráfica 7-1.

Algunas de las bacterias pertenecientes al género *Bacillus* ocasionan neumonía, gastroenteritis, enfermedades diarreicas y eméticas, en el género *Staphylococcus* algunas cepas generan neumonía, gastroenteritis e infecciones cutáneas y por el género *Escherichia* las enfermedades más comunes son las infecciones intestinales diarreicas y las afectaciones respiratorias. Estos tres géneros se caracterizan principalmente por generar enfermedades digestivas y respiratorias.

Según el ASIS 2021 del municipio de Yacopí las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades infecciosas intestinales, son parte de las principales causas de muerte en hombres y mujeres, en el 2019 hubo un aumento de los casos de enfermedades respiratorias. La presencia de estos géneros de bacterias en el ancianato es preocupante ya que en este lugar hay personas de la tercera edad que son susceptibles a enfermarse debido al estado de su sistema inmune.

Gráfica 7-1. Bacterias identificadas por género en el Ancianato.



Fuente: Autoras.

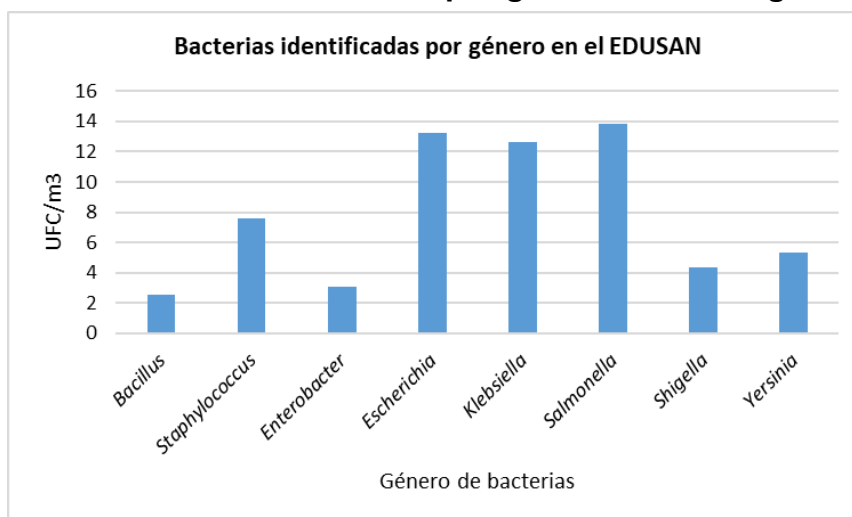
7.1.2. Bacterias por Género identificadas en el colegio EDUSAN

En el EDUSAN las mayores concentraciones promedio de bacterias fueron del género *Salmonella* con una concentración de 13,83 UFC/m³, *Escherichia* con 13,22 UFC/m³, y *Klebsiella* con un promedio de 12,67 UFC/m³, como se evidencia en la Gráfica 7-2.

Algunas cepas del género *Salmonella* ocasionan neumonía y enfermedades intestinales como la salmonelosis, en el género *Escherichia* las principales afectaciones son la Botriomicosis y afectaciones en el tracto intestinal, por el género *Klebsiella* se presentan enfermedades como la neumonía y absceso pulmonar, estas bacterias ingresan al cuerpo por inhalación e ingesta.

Estas bacterias se relacionan en que ocasionan afectaciones tanto en el sistema digestivo, como en el respiratorio, lo cual es relevante porque la zona muestreada es donde los estudiantes se reúnen a consumir los alimentos.

Gráfica 7-2. Bacterias identificadas por género en el colegio EDUSAN.



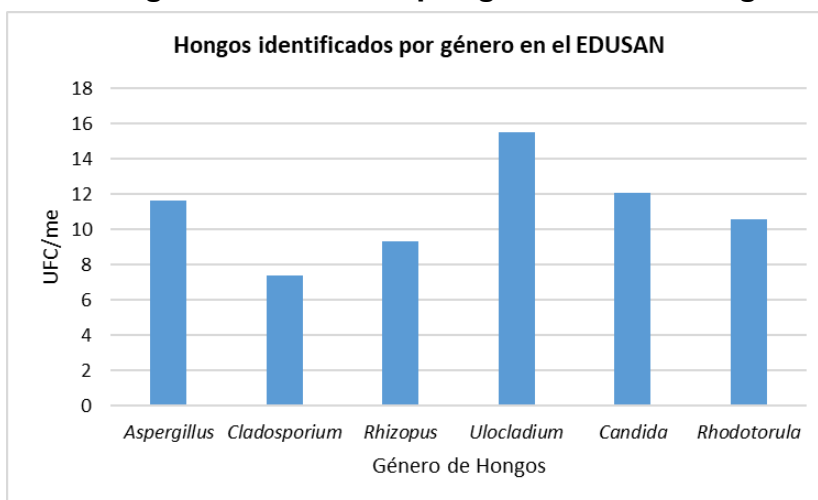
Fuente: Autoras.

7.1.3. Hongos por Género identificados en el colegio EDUSAN

En el EDUSAN las mayores concentraciones promedio de hongos se presentaron en el género *Ulocladium* con una concentración de $15,50 \text{ UFC}/\text{m}^3$, en el género *Aspergillus* con $11,65 \text{ UFC}/\text{m}^3$ y en el género *Candida* con $12,06 \text{ UFC}/\text{m}^3$ como se presenta en la Gráfica 7-3.

En el género *Ulocladium* algunas cepas producen Onicomiosis y sinusitis, por el género *Aspergillus* se producen enfermedades respiratorias como Aspergilosis y bronquitis y en el género *Candida* las principales enfermedades son las candidiasis y afecciones respiratorias como bronquitis crónica, neumonía y abscesos pulmonares.

Gráfica 7-3. Hongos identificados por género en el colegio EDUSAN.



Fuente: Autoras.

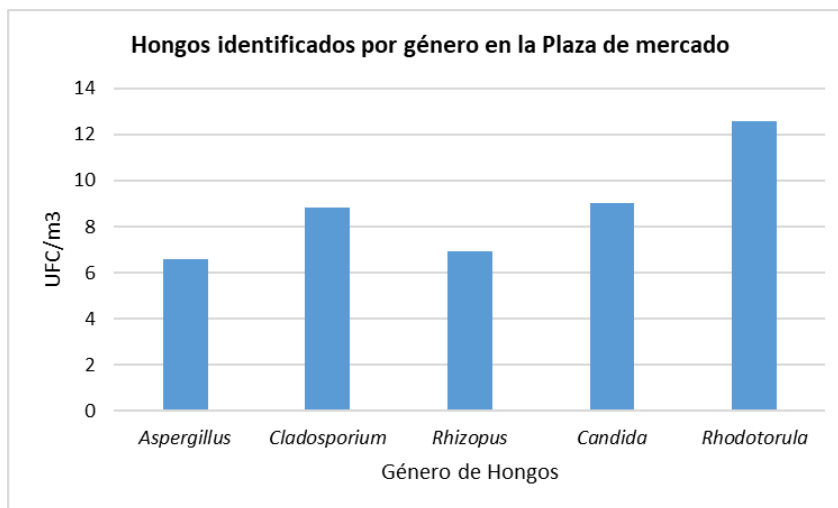
7.1.4. Hongos por Género identificados en la Plaza de Mercado

En la Plaza de mercado la mayor concentración promedio de hongos se presentó en el género *Rhodotorula* con $12,55 \text{ UFC/m}^3$, seguida por el género *Candida* con $9,00 \text{ UFC/m}^3$ y *Cladosporium* con $8,83 \text{ UFC/m}^3$ cómo se presenta en la Gráfica 7-4.

Algunas de las cepas del género *Rhodotorula* generan meningitis e infecciones urinarias, el género *Candida* ocasiona candidiasis y enfermedades respiratorias y el género *Cladosporium* favorece la incidencia y prevalencia de casos de asma y bronquitis. En el ASIS del 2021 de Yacopí, además de las enfermedades respiratorias e intestinales, la meningitis que puede ser provocada por hongos del género *Rhodotorula* se encuentra catalogada entre las enfermedades transmisibles más frecuentes en hombres y mujeres.

Los géneros *Rhodotorula*, *Candida* y *Cladosporium* se encuentran presentes en el aire y en las frutas y al ser el lugar de muestreo una Plaza de Mercado es de gran facilidad encontrarlos allí.

Gráfica 7-4. Hongos identificados por género en Plaza de Mercado.



Fuente: Autoras.

7.2. Comportamiento de la Concentración de Microorganismos Frente a la Temperatura y Humedad Relativa

En cuanto a los rangos establecidos por la NTP 234 del Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, el 87,25% de los puntos muestreados cumplen con el rango de temperatura de 20 a 26 °C recomendado por la norma y en cuanto a la humedad relativa que debe permanecer en un rango del 20 al 60% solo 4,9% de los puntos muestreados cumplen con el valor.

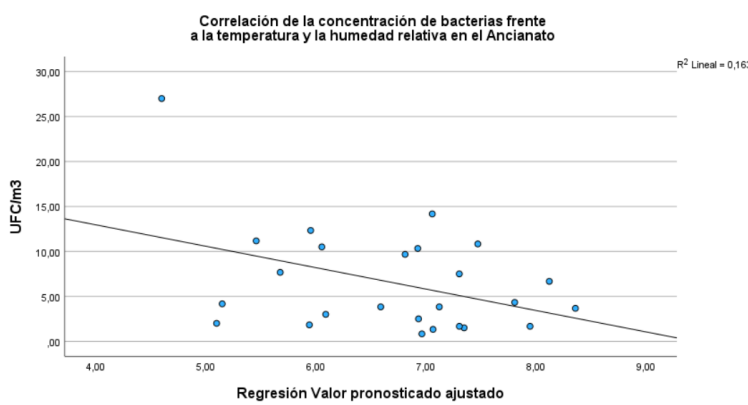
Se realizó una regresión múltiple en el programa SPSS para correlacionar los datos de humedad relativa y temperatura con la concentración de microorganismos encontrados para cada una de las zonas de muestreo. A continuación, se registran las correlaciones y las gráficas del comportamiento de la concentración de bioaerosoles frente a las variables ambientales para las cuatro zonas de muestreo más significativas por su alta concentración de microorganismos.

7.2.1. Comportamiento de la concentración de bacterias frente a la temperatura y humedad relativa en el Ancianato

El coeficiente de correlación en el ancianato para la concentración de bacterias fue de 0,66 lo que afirma que las variables tienen un comportamiento que tiende a

ser directamente proporcional como se registra en la Gráfica 7-5, ya que los datos tienen un acercamiento en su mayoría a la línea de tendencia.

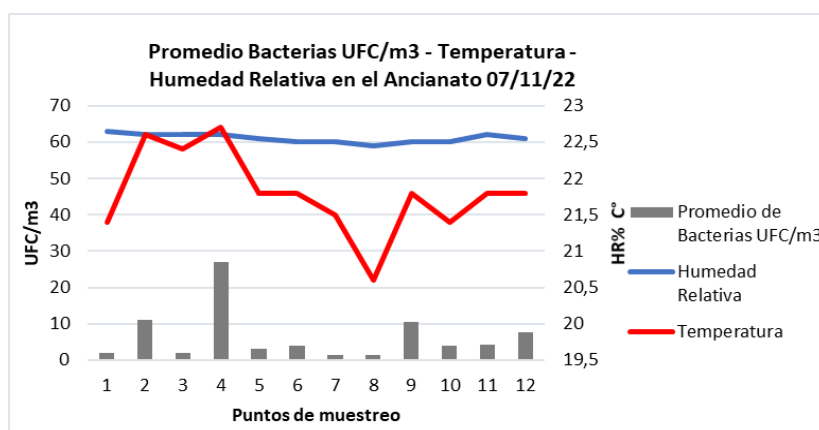
Gráfica 7-5. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Ancianato



Fuente: Autoras.

En la Gráfica 7-6, se evidencia que en los puntos donde hay aumento de temperatura la concentración de bacterias es mayor y cuando disminuye también es menor la cantidad de bacterias, la humedad relativa no influye considerablemente en la variación de concentración de los microorganismos.

Gráfica 7-6. Promedio de bacterias -Temperatura y Humedad Relativa en el ancianato el día 7-Nov

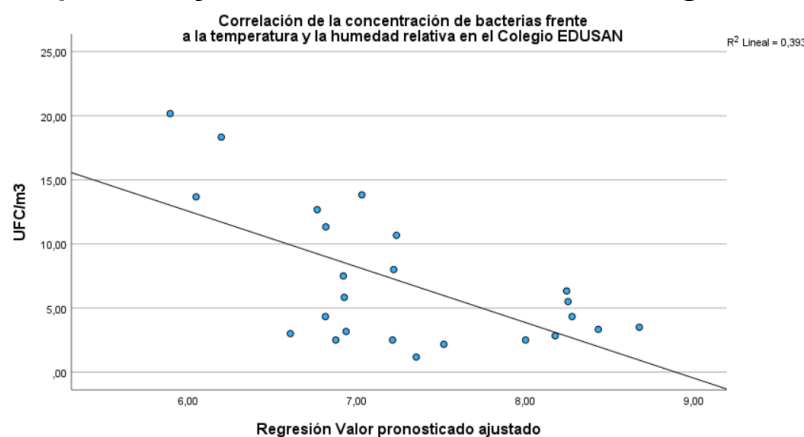


Fuente: Autoras.

7.2.2. Comportamiento de la concentración de bacterias frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN

El coeficiente de correlación en el colegio EDUSAN para las bacterias fue de 0,114 lo que indica que tiene un comportamiento que tiende a ser directamente proporcional como se evidencia en la Gráfica 7-7.

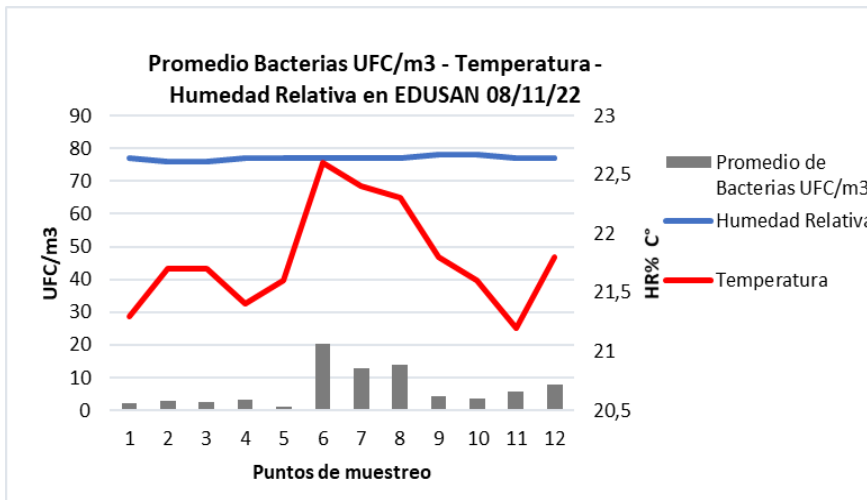
Gráfica 7-7. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN



Fuente: Autoras.

En la Gráfica 7-8 se evidencia la relación entre las variables, ya que cuando la temperatura aumenta, la concentración de bacterias crece y cuando disminuye, la concentración de bioaerosoles también lo hace, la humedad relativa presenta un comportamiento constante que no influye considerablemente con las otras variables.

Gráfica 7-8. Promedio de bacterias temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov

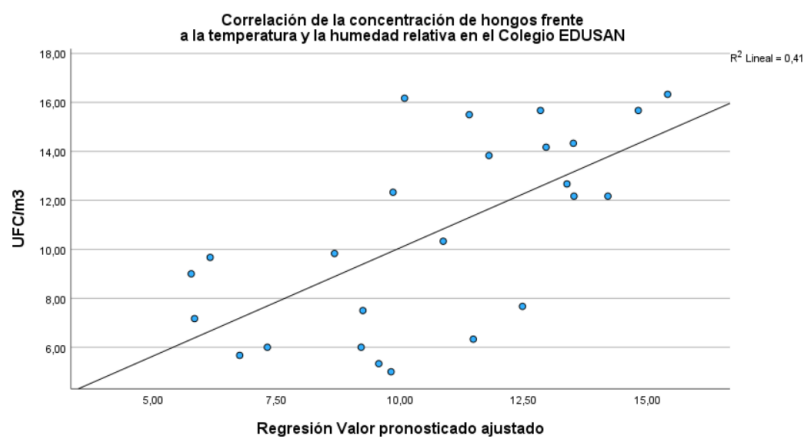


Fuente: Autoras.

7.2.3. Comportamiento de la concentración de hongos frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN

En el colegio EDUSAN la correlación fue de 0,723 para hongos, lo que evidenció que las variables tienden a ser directamente proporcionales como se registra en la Gráfica 7-9.

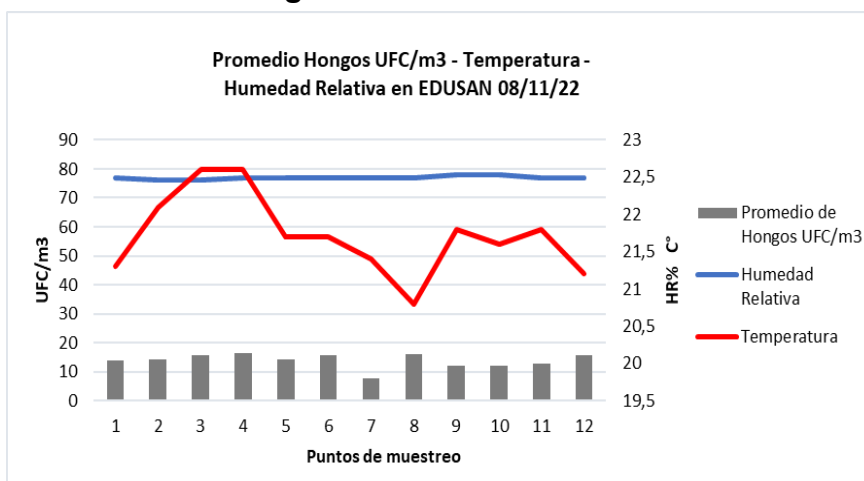
Gráfica 7-9. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN



Fuente: Autoras.

Es de destacar que la humedad relativa y la concentración de hongos tuvieron un comportamiento constante y las concentraciones encontradas en cada punto de muestreo fueron similares como se evidencia en la Gráfica 7-10. La temperatura tuvo variación, pero no se presentó ningún cambio significativo.

Gráfica 7-10. Promedio de hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov

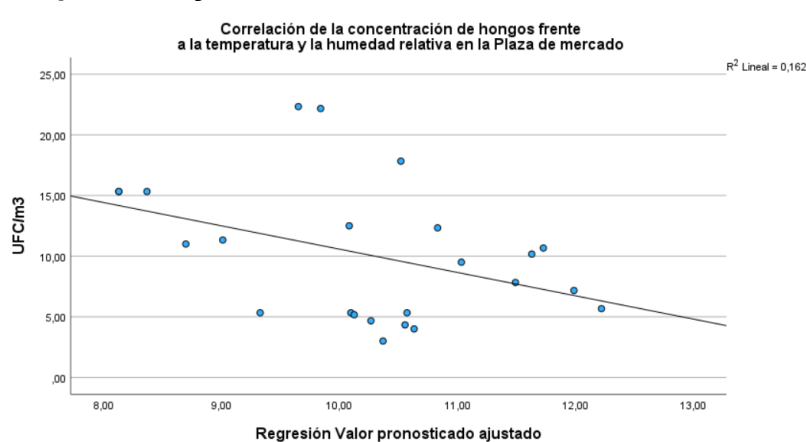


Fuente: Autoras.

7.2.4. Comportamiento de la concentración de hongos frente a la temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado

En la Plaza de Mercado se obtuvo una correlación de 0,651 para la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa, lo que indicó que hay un comportamiento directamente proporcional, como se muestra en la Gráfica 7-11.

Gráfica 7-11. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en la Plaza de Mercado

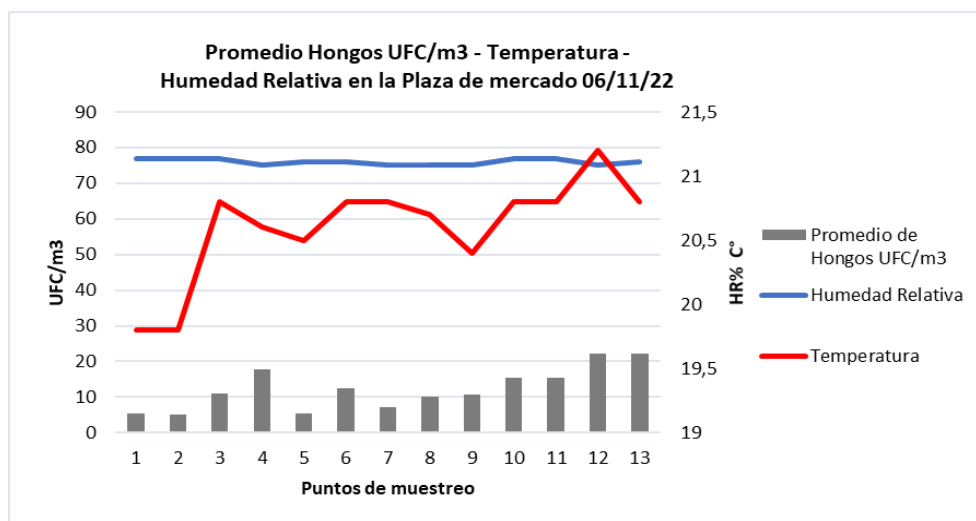


Fuente: Autoras.

En la mayoría de puntos de muestreo hay una relación entre la concentración de microorganismos y la temperatura, a mayor temperatura, la concentración de

hongos es mayor, la humedad relativa no influye considerablemente sobre las otras dos variables, como se registra en la Gráfica 7-12.

Gráfica 7-12. Promedio de hongos -temperatura y humedad relativa en la Plaza de mercado el día 6-Nov



Fuente: Autoras.

Las gráficas de las demás zonas de muestreo del promedio de bioaerosoles, temperatura y humedad relativa se encuentran registradas en el Anexo H. Por otra parte, las gráficas de correlación se encuentran en el Anexo I.

7.3. Comparación de los Colegios ITA y EDUSAN.

El colegio EDUSAN se encuentra en la zona urbana del municipio de Yacopí y el colegio ITA en la zona rural, por tal razón con ayuda de los mapas realizados se hizo un análisis comparativo de la concentración de bioaerosoles por sus diferentes características.

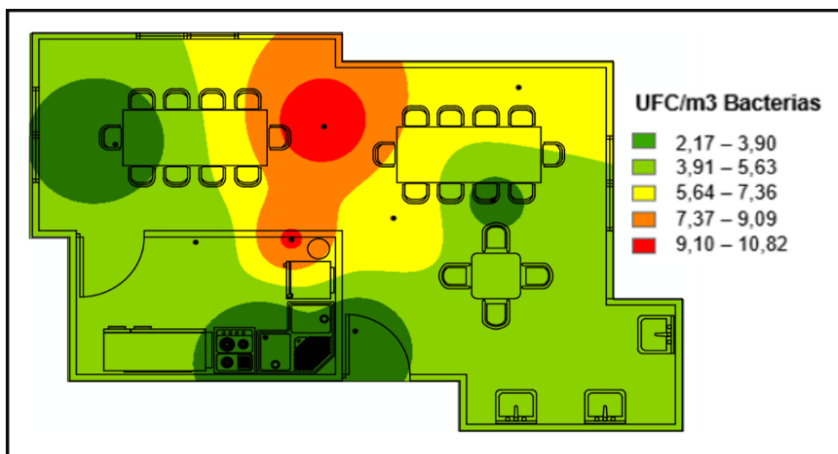
7.3.1. Bacterias

7.3.1.1. Colegio ITA

7.3.1.1.1. Jornada Sabatina

En el mapa 7-1, se observa que la jornada sabatina presenta una concentración alta en los comedores y en una parte de la cocina, con un rango superior a $5,64 \text{ UFC/m}^3$, es de resaltar que en esta jornada son pocos los estudiantes que asisten a la institución, por lo que es poco probable que la concentración de microorganismos sea mayor que la de un día en jornada diurna.

Mapa 7-1. Mapa de concentración de bacterias en el colegio ITA el día 5-Nov



Fuente: Autoras.

7.3.1.1.2. Jornada Diurna

En el mapa 7-2, se evidencia que la jornada diurna presenta un pico alto en una parte de los comedores y de la cocina, con un rango entre 8,14 y 18,32 UFC/m³. Lo anterior podría generarse por el alto flujo de estudiantes que asisten a esta jornada, por lo que se presenta más aglomeración de personas y se producen más partículas en el ambiente. Además, se tuvo en cuenta los porcentajes de la humedad relativa que hubo entre los dos días, puesto que para la jornada diurna la humedad estuvo entre los 25 y 26%, mientras que en el día sabatino el porcentaje de humedad era neutro con un 22%.

Mapa 7-2. Mapa de concentración de bacterias en el colegio ITA el día 8-Nov



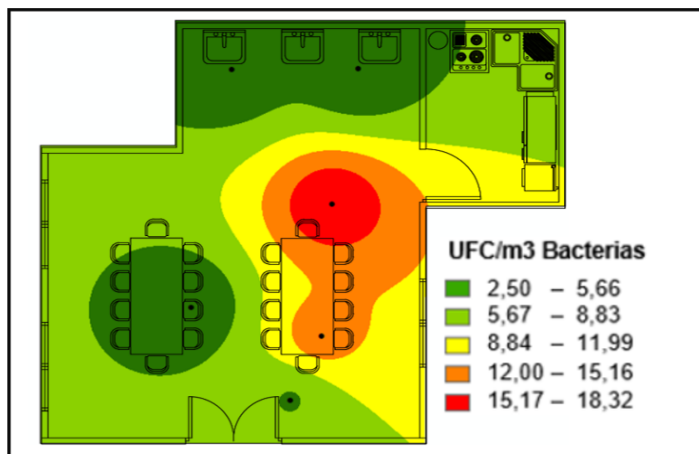
Fuente: Autoras.

7.3.1.2. Colegio EDUSAN

7.3.1.2.1. Jornada Sabatina

Se observa en el mapa 7-3, que a comparación con el día sabatino del otro colegio la concentración varía un poco, puesto que en el ITA el rango mínimo es de 2,17 UFC/ m^3 , mientras que en el colegio EDUSAN el mínimo es de 2,50 UFC/ m^3 . Así mismo, la mayor concentración está centrada en uno de los comedores y la parte de entrada hacia la cocina. La temperatura juega un importante papel puesto que en la mayoría de los puntos de muestreo está estuvo entre los 19 y 21 °C.

Mapa 7-3. Mapa de concentración de bacterias en el colegio EDUSAN el día 5-Nov

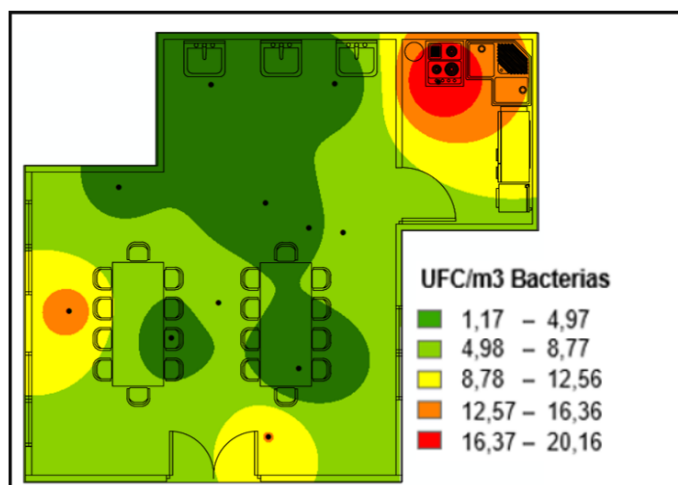


Fuente: Autoras.

7.3.1.2.2. Jornada Diurna

Al igual que en el colegio ITA, en el mapa 7-4 se presenta más concentración de microorganismos en la jornada diurna, se nota que el pico más alto es en la cocina debido a que es el área que está más cerca de la construcción que realizan de lunes a viernes para una de las canchas de microfútbol de la institución. Es de resaltar que este es uno de los mapas que presenta una concentración mínima por debajo de los 2,00 UFC/m³.

Mapa 7-4. Mapa de concentración de bacterias en el colegio EDUSAN el día 8-Nov



Fuente: Autoras.

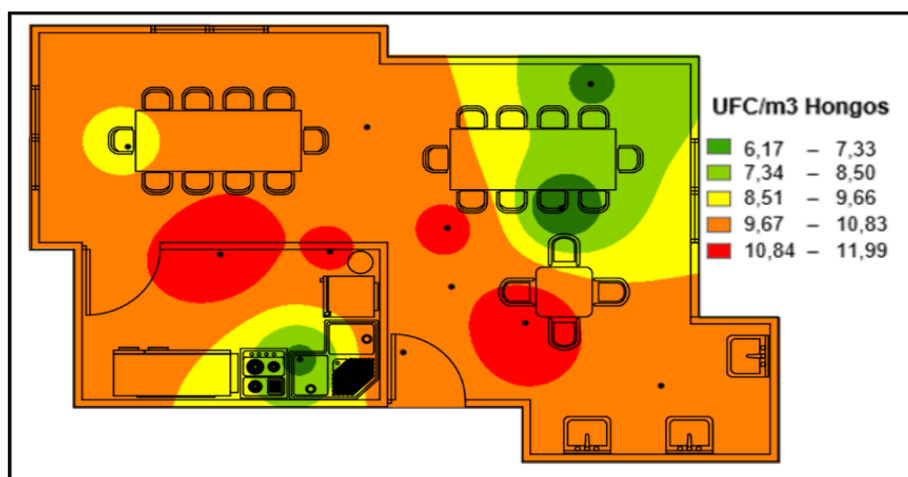
7.3.2. Hongos

7.3.2.1. Colegio ITA

7.3.2.1.1. Jornada Sabatina

En el mapa 7-5, se evidencia la presencia de microorganismos en la jornada sabatina y en gran parte del establecimiento, pero principalmente en los comedores, los lavamanos y la franja que une la cocina con los comedores con un rango entre 8,51 y 11,99 UFC/m³. Lo anterior podría presentarse porque normalmente en este colegio y otras instituciones rurales se recibe el mercado estudiantil los sábados y a la hora del monitoreo se estaba realizando la entrega de los alimentos de la semana.

Mapa 7-5. Mapa de concentración de hongos en el colegio ITA el día 8-Nov

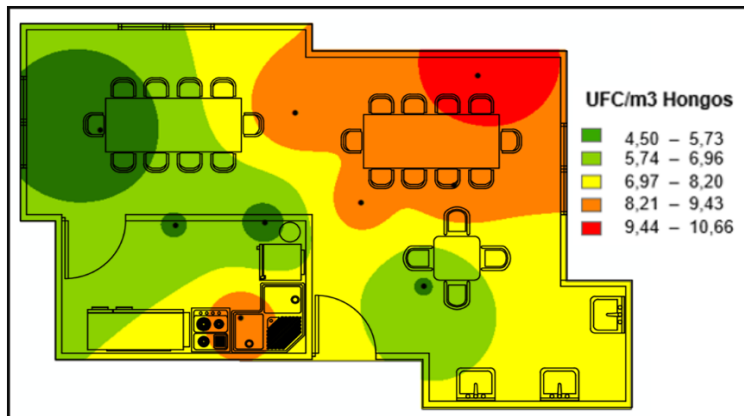


Fuente: Autoras.

7.3.2.1.2. Jornada Diurna

En el mapa 7-6, se presenta la concentración de hongos en el colegio ITA en la jornada diurna, se determina que la concentración de microorganismos es inferior a la que se presenta en el mapa de la jornada sabatina, puesto que, el rango mayor del día sábado es de 11,99 UFC/m³ y el de este día es de 10,66 UFC/m³. Además, se evidencia que uno de los picos altos se encuentra en una parte de la cocina específicamente en donde se lavan y se cocinan los alimentos.

Mapa 7-6. Mapa de concentración de hongos en el colegio ITA el día 5-Nov



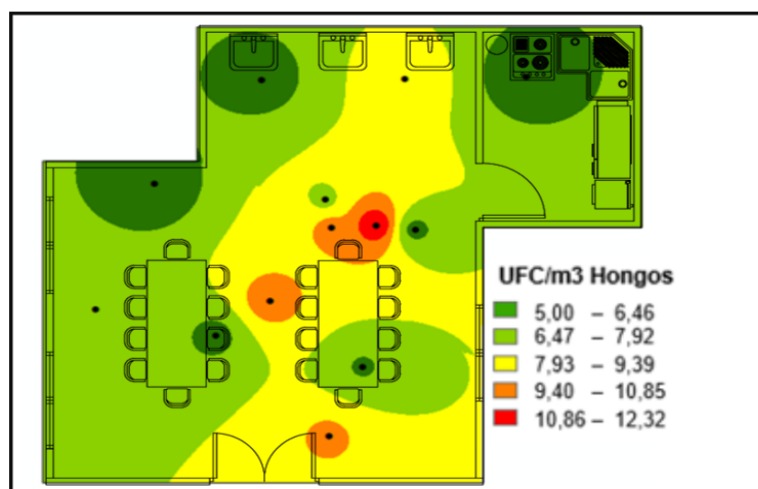
Fuente: Autoras.

7.3.2.2. Colegio EDUSAN

7.3.2.2.1. Jornada Sabatina

En el mapa 7-7, se evidencia poca concentración en gran parte del lugar pues los rangos varían de $5,00 \text{ UFC/m}^3$ a $9,39 \text{ UFC/m}^3$. Uno de los picos bajos se da en la cocina, lo cual podría presentarse debido a que en la jornada sabatina solo trabajan dos mujeres para cocinar los alimentos y servir a los estudiantes, mientras que en los días diurnos laboran cuatro personas. Además, en esta jornada solo preparan uno de los comedores porque son muy pocos los estudiantes que asisten, como se observa solo un comedor tiene una concentración por encima de los $9,40 \text{ UFC/m}^3$.

Mapa 7-7. Mapa de concentración de hongos en el colegio EDUSAN el día 5-Nov

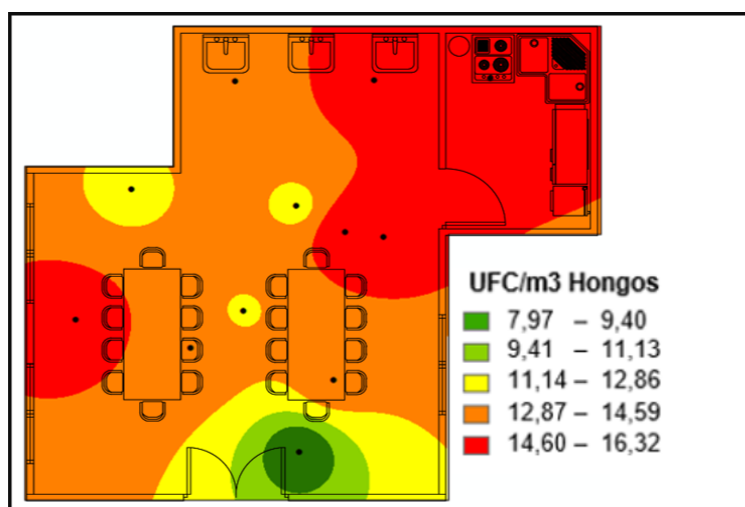


Fuente: Autoras.

7.3.2.2.2. Jornada Diurna

Se presenta la concentración de hongos en el EDUSAN en la jornada diurna en el mapa 7-8, se evidencia más concentración de hongos en la zona de la cocina sobrepasando un valor de $14,60 \text{ UFC}/m^3$. Es importante resaltar que los puntos de muestreo ubicados en esta área presentaron una temperatura superior a los 22°C y teniendo en cuenta la correlación realizada en unos de los numerales anteriores se determinó que, a mayor temperatura, mayor concentración de microorganismos.

Mapa 7-8. Mapa de concentración de hongos en el colegio EDUSAN el día 8-Nov



Fuente: Autoras.

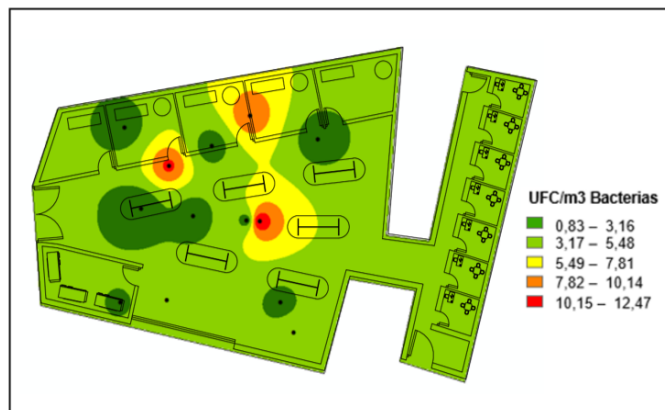
7.4. Comparación por días Plaza de Mercado

7.4.1. Bacterias

7.4.1.1. Día Común

En el mapa 7-9, se evidencia la concentración de bacterias en la Plaza de Mercado en un día común y corriente con poca aglomeración de personas, se observa que gran parte de la zona muestreada tiene un rango de concentración entre $3,17$ y $5,48 \text{ UFC}/m^3$. Lo cual podría generarse por la poca presencia de personas que había tanto de vendedores como de compradores. Además, que la temperatura en nueve de los trece puntos de muestreo fue inferior a los 22°C entonces la concentración de las bacterias fue baja.

Mapa 7-9. Mapa de concentración de bacterias en la Plaza de Mercado el día 5-Nov

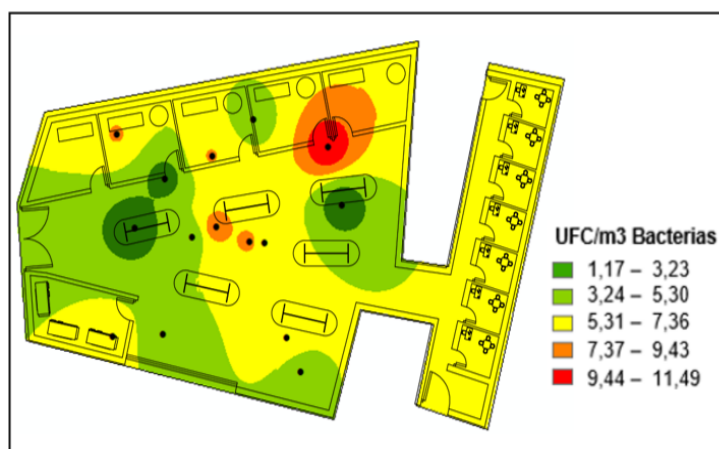


Fuente: Autoras.

7.4.1.2. Día Mercado

Como se evidencia en el mapa 7-10, el día con mayor concentración de bacterias es el día del mercado, esto podría presentarse por la gran aglomeración de personas y las corrientes de aire que entran externamente. Además, este es uno de los días donde más se arrojan residuos sólidos tanto en el piso como en el cuarto de almacenamiento.

Mapa 7-10. Mapa de concentración de bacterias en la Plaza de Mercado el día 6-Nov



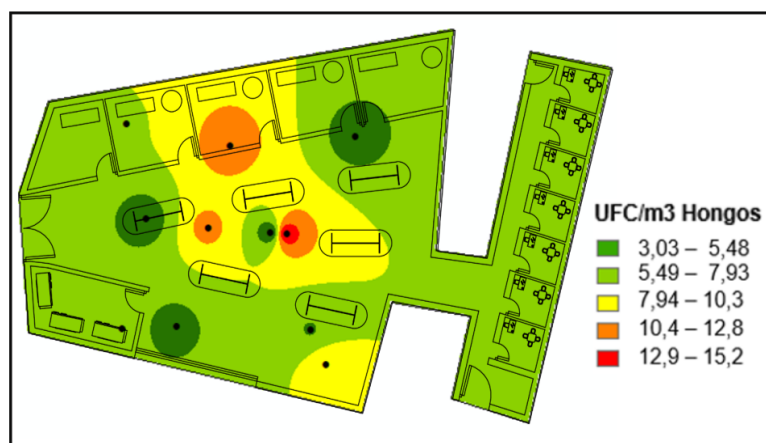
Fuente: Autoras.

7.4.2. Hongos

7.4.2.1. Día Común

En el mapa 7-11, se observa que al igual que en el mapa de hongos el día común no presenta alta concentración de microorganismos, en este caso podría ser porque cuando se realizó el muestreo aún no habían llegado todos los alimentos. Así mismo, se evidencia que hay un pico alto de concentración que se muestra naranja hacia el norte del lugar quizá por la presencia de las carnes expuestas para la venta.

Mapa 7-11. Mapa de concentración de hongos en la Plaza de Mercado el día 5-Nov

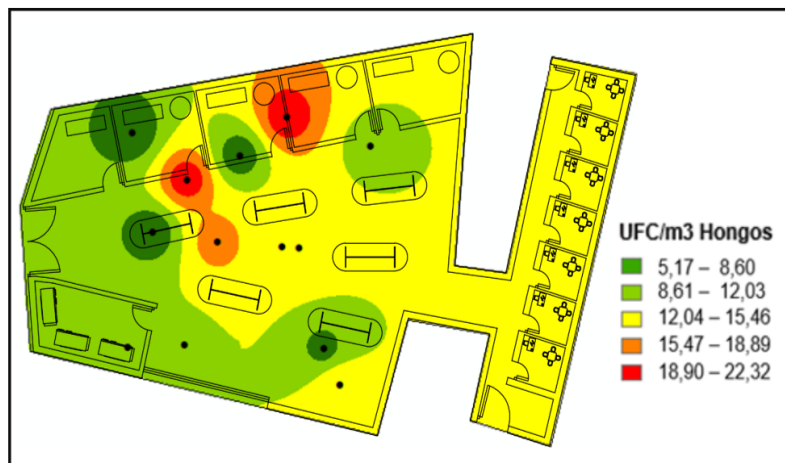


Fuente: Autoras.

7.4.2.2. Día Mercado

En el mapa 7-12, se observa la concentración de hongos en la Plaza el día de mercado en el municipio, en comparación con uno de los días comunes el rango mínimo de UFC/m^3 está sobre los 5,17. Esto podría deberse a que en la Plaza se manejan muchos alimentos que posiblemente llegan a la descomposición, generando que el moho se disperse por todo el lugar y se dé la contaminación. Además, la zona tiene presencia de animales como (aves, roedores, insectos, etc.) que muchas veces generan tanto contaminación con los alimentos como también con las mismas personas.

Mapa 7-12. Mapa de concentración de hongos en la Plaza de Mercado el día 5-Nov



Fuente: Autoras.

7.5. Alcance clínico de los bioaerosoles identificados

Se identificaron los principales alcances clínicos para cada uno de los géneros identificados especificando su patogenicidad.

En la Tabla 7-1 se presentan las implicaciones clínicas en bacterias.

Tabla 7-1. Género de bacterias identificadas y su alcance clínico

Bacterias		
Gram Positiva	Patógeno Humano	Presentación Clínica
<i>Bacillus</i>	Si	Enfermedades en el sistema respiratorio, digestivo y cutáneo (Perret et al., 2001).
<i>Staphylococcus</i>	Si	Infecciones en el tracto respiratorio inferior, neumonía y afectaciones en el sistema óseo (Gomes, 2018)
Gram Negativa	Patógeno Humano	Presentación Clínica
<i>Enterobacter</i>	Si	Infecciones pulmonares y urinarias (Sánchez et al., 2005).
<i>Escherichia</i>	Si	Infecciones pulmonares como: Botriomicosis pulmonar y enfermedades relacionadas al sistema digestivo (Nakandakari et al., 2018).
<i>Klebsiella</i>	Si	Neumonía e infecciones urinarias (CODEINEP, 2017).
<i>Salmonella</i>	Si	Neumonía y enfermedades relacionadas al sistema digestivo (Kassise et al., 2020).

<i>Shigella</i>	Si	Enfermedades relacionadas al sistema digestivo (ANMAT, 2015).
<i>Yersinia</i>	Si	Peste neumónica y afectación sanguínea (García et al., 2014).

Fuente: Autoras.

En la Tabla 7-2 se presentan las implicaciones clínicas de los géneros de hongos identificados.

Tabla 7-2. Género de hongos identificados y su alcance clínico

Hongos		
Filamentosos	Patógeno Humano	Presentación Clínica
<i>Alternaria</i>	Si	Enfermedades respiratorias como: el asma y la rinitis (Mejía, 2018).
<i>Aspergillus</i>	Si	Infecciones pulmonares especialmente en personas inmunodeprimidas (Maldonado, 2019).
<i>Cladosporium</i>	Si	Enfermedades cutáneas y pulmonares como: el asma y la rinitis (Garnica, 2012).
<i>Mucor</i>	Si	Enfermedades cutáneas, gastrointestinales y pulmonares (Iñiguez, 2016).
<i>Penicillium</i>	Si	Afecciones cutáneas, infecciones urinarias, dentales y neumonía (Boonsarngsuk et al., 2015).
<i>Rhizopus</i>	Si	Enfermedades respiratorias como: la neumonía, especialmente en personas inmunodeprimidas (Carrillo et al., 2013).
<i>Ulocladium</i>	Si	Infecciones cutáneas, Onicomycosis y sinusitis (INSHT, 2008).
Levaduras	Patógeno Humano	Presentación Clínica
<i>Candida</i>	Si	Afecciones respiratorias como: bronquitis crónica, neumonía, obstrucción y abscesos pulmonares (Torres, 1989).
<i>Rhodotorula</i>	Si	Meningitis e infecciones urinarias y cutáneas (Reyes et al., 2013).

Fuente: Autoras.

8. Impacto Social y Humanístico

El presente proyecto es beneficioso para la sociedad porque proporciona un insumo de información para las entidades locales y la comunidad en general, ya

que se tendrá la viabilidad a futuro para realizar estrategias que contribuyan a disminuir la presencia de bioaerosoles en las diferentes zonas públicas del municipio de Yacopí, permitiendo conocer la existencia de los contaminantes en la zona e identificando los factores que producen las emisiones y los posibles riesgos de contraer enfermedades por la exposición.

9. Conclusiones

Durante el estudio, se determinó que los microorganismos con mayor frecuencia de aparición fueron *Staphylococcus* y *Rhodotorula*, lo cual indicó una mayor probabilidad de adquirir enfermedades como asma y neumonía que afectan principalmente el tracto respiratorio. Así mismo, se identificó que los factores de emisiones de los bioaerosoles en la Plaza de Mercado y en los colegios fueron la mala disposición de los residuos de frutas y verduras, el estado de la infraestructura y las zonas de alimentación y comercialización de los alimentos, donde había presencia de roedores y palomas.

Se evidenció que las variables ambientales como lo son humedad relativa y temperatura tienden a influir de manera directamente proporcional sobre la concentración de los bioaerosoles y que entre los rangos establecidos por las NTP 234 del Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, la temperatura en la mayoría de casos tiende a estar entre los valores recomendados, pero la humedad relativa los sobrepasa, por ende es más notoria la relación directa entre la concentración de bioaerosoles y la temperatura.

A partir de las concentraciones encontradas de UFC/m³, se estableció que los lugares con más presencia de microorganismos son el colegio EDUSAN y la Plaza de mercado, presentando mayor concentración en el día de la jornada diurna y el día de mercado, en especial se encontró que los hongos son abundantes en los espacios cerrados y pueden dispersarse por diferentes vías, tanto por las mismas personas dentro del lugar, como con los alimentos que se comercializan y se sirven.

10. Recomendaciones

Para la preservación de los medios de cultivos, se recomienda tener una cantidad considerable de refrigerantes, para ir cambiándolos periódicamente en la nevera y que los medios se mantengan en óptimas condiciones.

Para posteriores estudios relacionados se recomienda realizar muestreos previos para tener una mejor gestión en cuanto a la metodología y los recursos a la hora de hacer el muestreo real. Así mismo, a nivel municipal se recomienda implementar medidas de higiene y saneamiento en la Plaza de mercado, ya que posee escenarios como una zona de residuos sólidos orgánicos en mal estado y sumándose hay gran población de palomas, que anidan y permanecen dentro de la Plaza aumentando la contaminación de los alimentos y ocasionando afectaciones en las personas.

Referencias

Alcaldía de Bogotá. (2009). *Elementos Técnicos del Plan Decenal de Descontaminación de Bogotá*. Obtenido de: <https://uniandes.edu.co/sites/default/files/asset/document/parte-1-caracterizacion-pm.pdf>

Alvarado, P., Rozo, I. (2019). *Determinación de la presencia de bioaerosoles y su riesgo asociado a la salud en el área de urgencias de un hospital de II nivel en la localidad de Engativá, Bogotá*. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2115&context=ing_ambiental_sanitaria

ANMAT. (2015). *Enfermedades transmitidas por alimentos Shigelosis RENAPRA Red Nacional de Protección de Alimentos*. Obtenido de <http://www.anmat.gov.ar/webanmat/publicaciones/shigelosis.pdf>

ATS. American Thoracic Society. (2005). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*.

Boonsarngsuk, V., Eksombatchai, D., Kanoksil, W., & Tantrakul, V. (2015). *Penicilliosis endobronquial: presentación de un caso y revisión de la literatura*. *Archivos de Bronconeumología*, 51(5), e25–e28. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.ARBRES.2014.04.015>

Britania Lab. (2011). *Sabouraud Agar*. Obtenido de https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5af08a08a7afe.pdf

Britania Lab. (2021). *Mac Conkey Agar*. Obtenido de https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_617060c4b6348.pdf

Carrillo, J., Ayala, E., Díaz E., López, M., & Rodríguez, F. (2013). *Neumonía por Rhyzopus*. *Medicina Interna de México*, 29.

CODEINEP. (2017). *Klebsiella pneumoniae*. Obtenido de https://codeinep.org/wp-content/uploads/2017/02/Klebsiella_pneumoniae_ii.pdf

Colman E., Müller A., Lespade P., Aguilar M., Matamoros N., Schlink U. et al. (2011). *Calidad del Aire (COVs, MCOVs y Mohos) en Áreas Urbanas e Industriales de la Región Capital de la Provincia de Buenos Aires*.

EMD. (2015). *Operating Manual MAS-100Eco swiss quality Operating Manual for EMD Chemicals MAS-100 Eco*. Obtenido de https://archive-resources.coleparmer.com/Manual_pdfs/39152-80.pdf

Fernández, M. (2013). *Microbiología. Departamento de Biología y Geología*.

García, E., Hernández, A., Herrero, J., & Gómez., J. (2014). *Salmonella sp. and Yersinia sp. infections*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304541214707772>

Garnica, M., Rocha, M., Roberto B., & Rafael F. (2012). *Cladosporium*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/juarez/ju-2012/ju124j.pdf>

Gomes, M. (2018). *Infecciones respiratorias por Staphylococcus aureus: implicación clínica de factores de virulencia y persistencia*. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2018/hdl_10803_663955/mgf1de1.pdf

Gregory, P. (1993). *The microbiology of the atmosphere. John Willey and Sons*

Guzmán, L., & Pachón, J. (2016). *Evaluación Del Riesgo Por Transmisión De Infecciones Respiratorias Intrahospitalarias Mediada Por Bioaerosoles Presentes En El Hospital De Suba (II Nivel Ese)*.

INSHT - Instituto Nacional de Seguridad Higiene en el Trabajo. (2008). *Notas Técnicas de Prevención Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias.*

INSHT. (1998). *NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire.* Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_243.pdf/9f6cbba4-ac26-4d0b-aae7-068ca6e66914

INSST. (1999). *NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire.* Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_299.pdf/c33a7078-3608-4c56-914e-12946c3c660c

Iñiguez, M., Villar, A., Cardona, V., Carrillo, C., & Téllez, J. (2016). *Diagnóstico y tratamiento de la mucormicosis pulmonar. Reporte de un caso.* Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422016000200028

ISO. (2015). *ISO 14644-1. Cleanrooms and associated controlled environments.* Obtenido de <https://zoser.com.co/wp-content/uploads/2015/10/ISO%2014644-1%20Version%202015.pdf>

Kassise, E., Kassise, J., & Patiño, L. (2020). *Neumonía necrotizante y empiema pleural por Salmonella no Typhi en paciente inmunocompetente.*

LaborClin. (2019). *AGAR SANGRE.* Obtenido de <https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2020/02/540195-BIPLACA-SANGRE-AGAR-TSA-2X10mL-10PL.pdf>

Liu, J., Zang, N., Liu, X., Tian, H., & Kang, H. (2022). *Bioaerosols dispersed from a typical wastewater treatment plant with a membrane bioreactor: Emission characteristics, source analysis and health risk.* *ScienceDirect.*

- López, A. (2012). *Evaluación de bioaerosoles, bacterias y hongos, en el laboratorio de microbiología - biotecnología de la ESPE y construcción previa de un burbujeador de muestreo experimental.*
- López, L., Hernández, M., Colín, C., Ortega, S., Cerón, G., & Franco, R. (2014). *Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología.* Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/ir-2014/ir141b.pdf>
- Maldonado, M., Peña, J., De Los Santos, S., Castellanos, A., Camarena, D., Arévalo, B., Valdés, L., Hernández, L., & Guzmán, D. (2014). *Bioaerosoles Y Evaluación De La Calidad Del Aire En Dos Centros Hospitalarios Ubicados En León, Guanajuato, México.*
- Maldonado, O., Albuja A., Reyes H., Barros M., Cartagena C., Cruz R., Maldonado L., Albuja E., Reyes M., Barros M., Cartagena C., & Cruz R. (2019). *Aspergilosis pulmonar invasora en pacientes reumatológicos. Presentación de dos casos.* Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias, 35(3), 191–198. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/S0717-73482019000300191>
- Medina, J., & De La Hoz, S. (2018). *Evaluación Del Comportamiento De Bioaerosoles Bacterianos En La Unidad De Cuidados Intensivos Neonatal (Ucin), De Una Institución De Salud De Alta Complejidad En La Ciudad De Barranquilla/Atlántico.*
- Mejía, A. (2018). *Detección de Alternaria en muestras ambientales del Valle de Toluca.* Obtenido de <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/2099/1/191146.pdf>
- Mejía, J. (2014). *Conociendo las Levaduras.* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Mészáros, E. (1999). *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry*, Akadémiai Kiadó, Budapest.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Resolución 610 de 2010*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39330&dt=>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). *ASIS Municipal Departamento de Cundinamarca. Gobernación de Cundinamarca*. Obtenido de <https://www.cundinamarca.gov.co/dependencias/seccsalud/Salud-Publica/analisis-situacion-salud>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). *Tuberculosis*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/abece-tuberculosis-msps.pdf>

Moral, L., Asensio de la Cruz. O., Lozano, J. (2019). *ASMA: Aspectos clínicos y diagnósticos*.

Municipio y Alcaldía de Colombia. (2021). *Yacopí en la región de Cundinamarca*.

Nakandakari, M., Rosa, L., Gutiérrez, J., & Bryson, W. (2018). *Paciente con botriomicosis pulmonar primaria confundida con actinomicosis: una mortal e infrecuente enfermedad infecciosa*. Acta Médica Peruana, 35(4), 233–238. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172018000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Noriega, G. D., & Lopéz, A. A. (2018). *Infecciones agudas traqueales y del árbol bronquial*.

- Olaya, D. R., & Pérez, F. A. (2006). *Caracterización cualitativa- cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda Bogotá D.C.*
- OMS. (2014). *Prevención y control de las infecciones respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria.* Obtenido de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2014/2014-cha-prevencion-control-atencion-sanitaria.pdf>
- OMS. (2021). *Contaminación del aire ambiente exterior.* Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Ortega, A., Sánchez, M., & Ferris, J. (2018). *Air pollution and children's health.* *Anales de Pediatría*, 89(2), 77–79. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.04.017>
- Ortiz Macea, I. M., & García Hincapié, M. P. (2016). *Evaluación del estado de la calidad del aire intramural en la clínica de optometría de la Universidad de La Salle.*
- Palomares, A. (2020). *Historia de la Neumonía.*
- Pena, A., García, L., Carvajal, I., Busquets, R., Morales, M., Miner, I., Batlles, J., Blanco, A., López, Á., García, G., Aguinaga, I., & González, C. (2009). *Contaminación del aire y síntomas recientes de asma, rinitis alérgica y eccema atópico en escolares de 6 y 7 años.*
- Perret P., Maggi C., Pavletic B., Vergara F., Abarca V., Dabanch J., González C., Olivares R., & Rodríguez J. (2001). *Ántrax (Carbunco).* *Comité de Infecciones Emergentes, Sociedad Chilena de Infectología*

Revista Chilena de Infectología, 18(4), 291–299. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/S0716-10182001000400008>

Pérez, J. (2016). *Bronquitis y bronquiolitis. Servicio de Neumología Pediátrica. Hospital Ramón y Cajal(Madrid)*. Obtenido de https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2016/xx01/03/n1-028-037_JosuePerez.pdf

Reyes, I., Pérez, L., Morffi, M., Barletta, J., & Aldereguía, G. (2013). *Aislamiento de Rhodotorula. Presentación de un caso en paciente con leucemia mieloide aguda*. *MediSur*, 11(5), 542–545. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2013000500009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Rivera, K., & Suarez, P. (2017) *Caracterización Del Riesgo Por La Presencia De Bioaerosoles En El Área De Urgencias Del Hospital De Meredi*.

Rodríguez, P., & Arenas, R. (2018). *Bacterias Gram positivas y Gram Negativas. Hospital General Manuel Gea González*.

Rodríguez, I. M., & Huertas, Y. M. (2005). *Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda en Bogotá D.C: Bogotá D.C*. Universidad de la Salle.

Rosas, I., Cravioto, A., & Ezcurra, E. (2004). *Microbiología Ambiental*. Obtenido de https://www.academia.edu/5129871/Microbiologia_ambiental_art_2

Sales, E. A. (2014). *Material particulado y bioaerosoles en el aire de granjas de aves y conejos: cuantificación, caracterización y medidas de reducción*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia

Sánchez, F., Castaño, M. I., Linde, F., Blanco, S., & Durán, A. (2005). *Infección de vías respiratorias bajas por Enterobacter gergoviae*. *Anales de Medicina Interna*, 22(11), 553–554. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992005001100018&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Sarmiento, D., & Ramos, A. (2019). *Evaluación de la presencia de bioaerosoles contenidos en material particulado mediante el método de impactación en los colegios San José y Cofraternidad de San Fernando de Bogotá y su relación con las fuentes de emisión presentes en cada zona*.

Suarez, L., & Peñaranda, F. (2021). *Molecular identification of filamental fungi and its biotechnological potential*.

Torres, J. (1989). *Hongos y patología respiratoria en nuestro medio*. *Archivos de bronconeumonía*. Obtenido de <https://www.archbronconeumol.org/index.php?p=revista&tipo=pdf-simple&pii=S0300289615317798>

UPV. (1997). *Identificación y evaluación de agentes biológicos en los lugares de trabajo*. *Apéndice 3*. Obtenido de https://www.ehu.eus/documents/2458096/2577739/apendice_03.pdf

Zapata, A., Chingana, A., & Sabogal, S. (2016). *Morfología y Clasificación de Hongos*. *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/magenes/Portadas_Libros/Biologia/Morfologia_y_Clasificacion_de_los_Hongos/Morfologia_y_clasificacion_de_los_hongos_libro.pdf

Anexos

A. Anexo: Preparación de medios de Cultivo

Para la identificación de los microorganismos presentes en el aire se utilizaron algunos medios de cultivo:

- **Agar Sangre:** medio de cultivo que permite el crecimiento de bacterias y hongos.
- **Agar Mac Conkey:** medio de cultivo selectivo que permite identificar bacterias gram negativas por inhibición.
- **Agar Sabouraud:** medio de cultivo utilizado para el crecimiento de levaduras y hongos.

La preparación de los medios de cultivo se llevó a cabo en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Santo Tomás, con la presencia de un docente del área.

Materiales:

- Espátula
- Papel aluminio
- Papel vinipel
- Medios de cultivo a utilizar
- Agua destilada
- Erlenmeyer
- Encendedor
- Cajas de Petri
- Probeta

Equipos:

- Estufa
- Mechero
- Balanza
- Agitador magnético

Procedimiento:

Inicialmente se determinó el número de cajas de petri a utilizar para establecer el volumen de medio a preparar, teniendo en cuenta esto, se procedió a medir el agua destilada con ayuda de la probeta y en la balanza se pesó la cantidad de medio de cultivo; después, en el Erlenmeyer se colocó la cantidad de agua destilada y del medio y se disolvió. Luego, se tapó con papel aluminio y se llevó a la estufa a una temperatura entre 400 y 500 °C a 1.150 rpm hasta que se calentó y con ayuda del agitador magnético se fue formando una mezcla homogénea de color cristalino. Posterior a esto, se esterilizó la zona de trabajo y se colocaron las cajas de petri cerca al mechero para comenzar a servir el medio de cultivo en las cajas antes de que se solidificara. Para terminar, se rotuló cada una de las cajas y se envolvieron en papel vinipel y se llevaron a refrigeración 2 a 6° C hasta su uso. Es importante resaltar que antes de hacer uso de las cajas con el medio se debe revisar que no esté contaminada y su esterilidad sea efectiva.

En la fotografía A-1, se evidencia la preparación de uno de los medios de cultivo.

Fotografía A-1. Preparación medio de Cultivo.




Fuente: Autoras.

B. Anexo: Formato de campo

Figura B-1. Formato de campo

FORMATO DE CAMPO



Caracterización de Bioaerosoles
Bolaños & Parra

Fecha: _____

Lugar: _____

Medio de Cultivo: _____

Hora	Punto de muestreo	Temperatura	Humedad Relativa

Observaciones:

Fuente: Autoras.

C. Anexo: Tinciones

Para hacer la caracterización e identificación de los microorganismos se utilizaron dos tinciones:

- **Tinción de Gram:** para identificación de bacterias Gram positivas y Gram negativas.
- **Tinción de azul de lactofenol:** para identificación de hongos.

Tinción de Gram

Materiales:

- Asa bacteriológica
- Pinzas de madera
- Portaobjetos
- Agua destilada
- Topper de tinción
- Gotero

Reactivos:

- Cristal Violeta
- Lugol
- Alcohol Acetona
- Fucsina

Equipos:

- Mechero
- Microscopio

Procedimiento:

Inicialmente se desinfectaron los materiales y la zona de trabajo que se utilizó, para evitar que las muestras se contaminarán.

Posteriormente se encendieron dos mecheros para tener una zona estéril, luego se esterilizó el asa bacteriológica, poniéndola en la flama hasta que esté roja y sin alejarse de la zona se abrió la caja de petri, se tocó la muestra y luego se raspó alguna colonia visible, luego se cerró la caja de petri y se mantuvo el asa en la zona estéril.

En la zona estéril se colocó un portaobjetos con pinzas de madera, con la ayuda de un gotero se colocó una gota de agua destilada y luego se esparció la muestra tomada con el asa. Luego se procedió a fijar la muestra en la lámina, para esto se

pasó la muestra por la flama con rapidez hasta que se vea seca, es importante que no se aleje mucho la muestra de la zona estéril y que no se deje la lámina mucho tiempo encima de la flama porque se puede romper.

Después se colocó el portaobjetos en el topper y se procedió a colocar los reactivos, el orden de la tinción es el siguiente:

- El cristal violeta por 1 minuto
- Lugol de Gram por 1 minutos
- Alcohol Acetona por 30 segundos
- Fucsina por 1 minutos

De cada uno de los reactivos se colocó una gota según el orden anterior y después de esperar cada período se lavó la lámina con agua destilada. Finalmente se esperó que se secaran y se pasó el portaobjetos a un microscopio, allí se determinó si es Gram positiva por su coloración morada y si es Gram negativa rosada y por características en la forma y el medio de cultivo podemos concluir que género de bacteria es.

En la siguiente fotografía se presentan los reactivos a utilizar y las muestras luego de realizar la tinción.

Fotografía C-1. Tinción de Gram



Fuente: Autoras.

Tinción de azul de lactofenol

Materiales:

- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Hisopo de madera
- Agua destilada
- Gotero

Reactivos:

- Azul de lactofenol

Equipos:

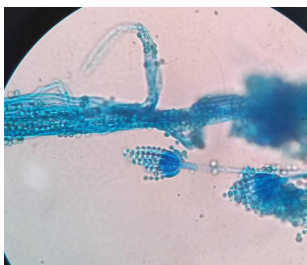
- Mechero
- Microscopio

Procedimiento:

Inicialmente se desinfectaron los materiales y la zona de trabajo que se utilizó, para evitar que las muestras se contaminarán.

Luego se encendieron dos mecheros para tener una zona estéril y en esa zona se procedió a esterilizar el hisopo pasándolo rápidamente por la flama, luego se raspó una colonia visible y en un portaobjetos limpio se esparció la muestra tomada, a esta muestra se le puso una gota de azul de lactofenol y luego se colocó en un cubreobjetos y se pasó el portaobjetos a un microscopio para observar las características de la muestra. A continuación, en la fotografía C-2 se evidencia una de las muestras identificadas con la tinción de lactofenol.

Fotografía C-2. Tinción de Azul de Lactofenol



Fuente: Autoras.

D. Anexo: Distribución de microorganismos

Tabla D-1. Distribución de bacterias en cada lugar muestreado

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Género bacteriano	UFC/m3	Desviación	Error	Incertidumbre
Ancianato	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,50	0,38	0,75	0,24
Ancianato	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	1,67	0,45	0,87	0,35
Ancianato	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	3,67	0,30	0,59	0,16
Ancianato	6-nov	<i>Bacillus</i>	10,83	0,22	0,43	0,07
Ancianato	6-nov	<i>Klebsiella</i>	4,33	0,25	0,49	0,12
Ancianato	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	10,33	0,18	0,36	0,06
Ancianato	6-nov	<i>Klebsiella</i>	6,67	0,08	0,16	0,03
Ancianato	6-nov	<i>Escherichia Coli</i>	7,50	0,02	0,04	0,01
Ancianato	6-nov	<i>Bacillus</i>	0,83	0,51	0,99	0,55
Ancianato	6-nov	<i>Bacillus</i>	9,67	0,14	0,27	0,04
Ancianato	6-nov	<i>Klebsiella</i>	1,67	0,45	0,87	0,35
Ancianato	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	14,17	0,46	0,91	0,12
Ancianato	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	12,33	0,33	0,65	0,09
Ancianato	7-nov	<i>Bacillus</i>	2,00	0,42	0,83	0,30
Ancianato	7-nov	<i>Klebsiella</i>	11,17	0,25	0,48	0,07
Ancianato	7-nov	<i>Enterobacter</i>	1,83	0,43	0,85	0,32
Ancianato	7-nov	<i>Enterobacter</i>	27,00	1,40	2,74	0,27
Ancianato	7-nov	<i>Staphylococcus</i>	3,00	0,35	0,68	0,20
Ancianato	7-nov	<i>Bacillus</i>	3,83	0,29	0,56	0,15
Ancianato	7-nov	<i>Bacillus</i>	1,33	0,47	0,92	0,41
Ancianato	7-nov	<i>Bacillus</i>	1,50	0,46	0,90	0,37
Ancianato	7-nov	<i>Klebsiella</i>	10,50	0,20	0,39	0,06
Ancianato	7-nov	<i>Staphylococcus</i>	3,83	0,29	0,56	0,15
Ancianato	7-nov	<i>Bacillus</i>	4,17	0,26	0,52	0,13
Ancianato	7-nov	<i>Staphylococcus</i>	7,67	0,01	0,02	0,00
Plaza de mercado	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,00	0,42	0,83	0,30
Plaza de mercado	5-nov	<i>Bacillus</i>	0,83	0,51	0,99	0,55
Plaza de mercado	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	4,67	0,23	0,45	0,11
Plaza de mercado	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	1,33	0,47	0,92	0,41
Plaza de mercado	5-nov	<i>Bacillus</i>	1,67	0,45	0,87	0,35
Plaza de mercado	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,00	0,42	0,83	0,30
Plaza de mercado	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,50	0,38	0,75	0,24
Plaza de mercado	5-nov	<i>Bacillus</i>	1,83	0,43	0,85	0,32
Plaza de mercado	5-nov	<i>Shigella</i>	3,00	0,35	0,68	0,20
Plaza de mercado	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	4,00	0,28	0,54	0,14
Plaza de mercado	5-nov	<i>Bacillus</i>	12,50	0,34	0,67	0,10
Plaza de mercado	5-nov	<i>Shigella</i>	9,67	0,14	0,27	0,04
Plaza de mercado	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	10,67	0,21	0,41	0,06
Plaza de mercado	6-nov	<i>Enterobacter</i>	7,50	0,02	0,04	0,01
Plaza de mercado	6-nov	<i>Klebsiella</i>	1,17	0,48	0,94	0,45
Plaza de mercado	6-nov	<i>Bacillus</i>	4,17	0,26	0,52	0,13
Plaza de mercado	6-nov	<i>Enterobacter</i>	3,67	0,30	0,59	0,16
Plaza de mercado	6-nov	<i>Bacillus</i>	7,50	0,02	0,04	0,01
Plaza de mercado	6-nov	<i>Bacillus</i>	8,00	0,02	0,03	0,01
Plaza de mercado	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	6,17	0,12	0,23	0,05
Plaza de mercado	6-nov	<i>Staphylococcus</i>	11,50	0,27	0,53	0,08
Plaza de mercado	6-nov	<i>Bacillus</i>	6,50	0,09	0,18	0,04
Plaza de mercado	6-nov	<i>Shigella</i>	4,67	0,23	0,45	0,11
Plaza de mercado	6-nov	<i>Bacillus</i>	5,50	0,17	0,33	0,07
Plaza de mercado	6-nov	<i>Bacillus</i>	4,17	0,26	0,52	0,13
Plaza de mercado	6-nov	<i>Enterobacter</i>	2,17	0,41	0,80	0,28
Plaza de mercado	6-nov	<i>Yersinia</i>	1,50	0,46	0,90	0,37
Plaza de mercado	6-nov	<i>Shigella</i>	8,67	0,06	0,12	0,02
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	3,33	0,32	0,64	0,18
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,83	0,36	0,71	0,21

Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Enterobacter</i>	2,50	0,38	0,75	0,24
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Escherichia Coli</i>	18,33	0,77	1,50	0,18
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Enterobacter</i>	13,67	0,43	0,84	0,12
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Escherichia Coli</i>	5,50	0,17	0,33	0,07
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	10,67	0,21	0,41	0,06
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	7,50	0,02	0,04	0,01
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,50	0,38	0,75	0,24
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	11,33	0,26	0,50	0,08
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Yersinia</i>	4,33	0,25	0,49	0,12
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Yersinia</i>	6,33	0,11	0,21	0,04
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,17	0,41	0,80	0,28
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Shigella</i>	3,00	0,35	0,68	0,20
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Enterobacter</i>	2,50	0,38	0,75	0,24
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Staphylococcus</i>	3,17	0,34	0,66	0,19
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Bacillus</i>	1,17	0,48	0,94	0,45
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Klebsiella</i>	20,17	0,90	1,76	0,20
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Bacillus</i>	12,67	0,35	0,70	0,10
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Bacillus</i>	13,83	0,44	0,86	0,12
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Escherichia Coli</i>	4,33	0,25	0,49	0,12
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Escherichia Coli</i>	3,50	0,31	0,61	0,17
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Staphylococcus</i>	5,83	0,14	0,28	0,06
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Salmonella</i>	8,00	0,02	0,03	0,01
Colegio ITA	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,67	0,37	0,73	0,23
Colegio ITA	5-nov	<i>Bacillus</i>	4,17	0,26	0,52	0,13
Colegio ITA	5-nov	<i>Escherichia Coli</i>	2,17	0,41	0,80	0,28
Colegio ITA	5-nov	<i>Bacillus</i>	9,33	0,11	0,22	0,04
Colegio ITA	5-nov	<i>Bacillus</i>	10,83	0,22	0,43	0,07
Colegio ITA	5-nov	<i>Bacillus</i>	7,00	0,06	0,11	0,02
Colegio ITA	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	11,00	0,23	0,46	0,07
Colegio ITA	5-nov	<i>Staphylococcus</i>	3,33	0,32	0,64	0,18
Colegio ITA	5-nov	<i>Enterobacter</i>	7,17	0,05	0,09	0,02
Colegio ITA	5-nov	<i>Yersinia</i>	2,50	0,38	0,75	0,24
Colegio ITA	8-nov	<i>Bacillus</i>	5,33	0,18	0,35	0,08
Colegio ITA	8-nov	<i>Staphylococcus</i>	4,50	0,24	0,47	0,11
Colegio ITA	8-nov	<i>Bacillus</i>	1,33	0,47	0,92	0,41
Colegio ITA	8-nov	<i>Staphylococcus</i>	8,00	0,02	0,03	0,01
Colegio ITA	8-nov	<i>Staphylococcus</i>	2,50	0,38	0,75	0,24
Colegio ITA	8-nov	<i>Enterobacter</i>	2,00	0,42	0,83	0,30
Colegio ITA	8-nov	<i>Shigella</i>	2,17	0,41	0,80	0,28
Colegio ITA	8-nov	<i>Staphylococcus</i>	1,83	0,43	0,85	0,32
Colegio ITA	8-nov	<i>Shigella</i>	18,33	0,77	1,50	0,18
Colegio ITA	8-nov	<i>Bacillus</i>	16,33	0,62	1,22	0,15

Fuente: Autoras.

Tabla D-2. Distribución de hongos en cada lugar muestreado

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Género de Hongos	UFC/m3	Desviación	Error	Incertidumbre
Ancianato	6-nov	<i>Alternaria</i>	9,00	0,09	0,17	0,03
Ancianato	6-nov	<i>Aspergillus</i>	3,00	0,35	0,68	0,20
Ancianato	6-nov	<i>Aspergillus</i>	4,67	0,23	0,44	0,11
Ancianato	6-nov	<i>Aspergillus</i>	5,17	0,19	0,37	0,08
Ancianato	6-nov	<i>Aspergillus</i>	6,00	0,13	0,26	0,05
Ancianato	6-nov	<i>Cladosporium</i>	6,17	0,12	0,23	0,05
Ancianato	6-nov	<i>Mucor</i>	4,00	0,28	0,54	0,14
Ancianato	6-nov	<i>Mucor</i>	5,83	0,14	0,28	0,06

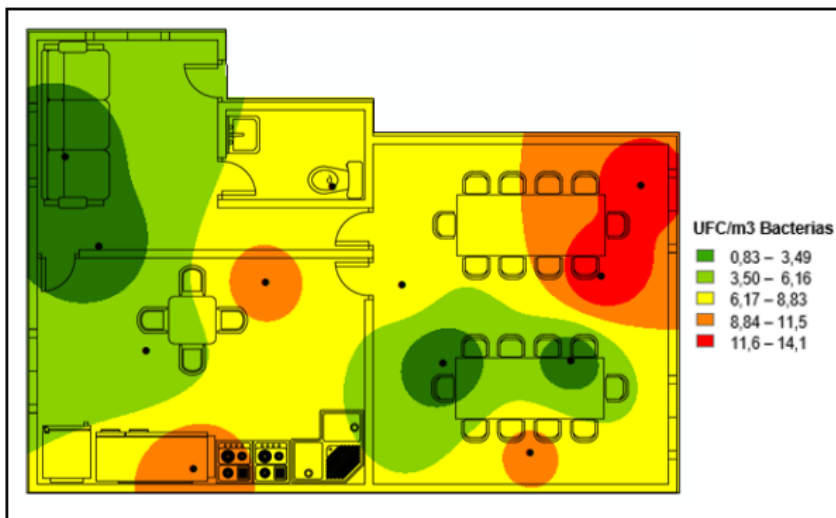
Ancianato	6-nov	<i>Rhizopus</i>	7,67	0,01	0,02	0,00
Ancianato	6-nov	<i>Rhizopus</i>	7,83	0,00	0,01	0,00
Ancianato	6-nov	<i>Rhizopus</i>	9,67	0,14	0,27	0,04
Ancianato	7-nov	<i>Aspergillus</i>	11,50	0,27	0,53	0,08
Ancianato	7-nov	<i>Aspergillus</i>	12,17	0,32	0,62	0,09
Ancianato	7-nov	<i>Aspergillus</i>	14,00	0,45	0,89	0,12
Ancianato	7-nov	<i>Aspergillus</i>	15,33	0,55	1,07	0,14
Ancianato	7-nov	<i>Cladosporium</i>	13,17	0,39	0,77	0,11
Ancianato	7-nov	<i>Cladosporium</i>	13,67	0,43	0,84	0,12
Ancianato	7-nov	<i>Cladosporium</i>	13,83	0,44	0,86	0,12
Ancianato	7-nov	<i>Cladosporium</i>	14,00	0,45	0,89	0,12
Ancianato	7-nov	<i>Rhizopus</i>	15,67	0,57	1,12	0,14
Ancianato	7-nov	<i>Rhodotorula</i>	14,00	0,45	0,89	0,12
Ancianato	7-nov	<i>Ulocladium</i>	14,17	0,46	0,91	0,12
Plaza de mercado	5-nov	<i>Aspergillus</i>	7,83	0,00	0,01	0,00
Plaza de mercado	5-nov	<i>Candida</i>	4,00	0,28	0,54	0,14
Plaza de mercado	5-nov	<i>Candida</i>	4,67	0,23	0,44	0,11
Plaza de mercado	5-nov	<i>Candida</i>	11,33	0,26	0,50	0,08
Plaza de mercado	5-nov	<i>Cladosporium</i>	12,33	0,33	0,65	0,09
Plaza de mercado	5-nov	<i>Rhizopus</i>	3,00	0,35	0,68	0,20
Plaza de mercado	5-nov	<i>Rhizopus</i>	5,33	0,18	0,35	0,08
Plaza de mercado	5-nov	<i>Rhodotorula</i>	4,33	0,25	0,49	0,12
Plaza de mercado	5-nov	<i>Rhodotorula</i>	5,67	0,15	0,30	0,06
Plaza de mercado	5-nov	<i>Rhodotorula</i>	9,50	0,12	0,24	0,04
Plaza de mercado	5-nov	<i>Rhodotorula</i>	15,33	0,55	1,07	0,14
Plaza de mercado	6-nov	<i>Aspergillus</i>	5,33	0,18	0,35	0,08
Plaza de mercado	6-nov	<i>Candida</i>	5,17	0,19	0,37	0,08
Plaza de mercado	6-nov	<i>Candida</i>	11,00	0,23	0,46	0,07
Plaza de mercado	6-nov	<i>Candida</i>	17,83	0,73	1,43	0,17
Plaza de mercado	6-nov	<i>Cladosporium</i>	5,33	0,18	0,35	0,08
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhizopus</i>	12,50	0,34	0,67	0,10
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhodotorula</i>	7,17	0,05	0,09	0,02
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhodotorula</i>	10,17	0,17	0,34	0,05
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhodotorula</i>	10,67	0,21	0,41	0,06
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhodotorula</i>	15,33	0,55	1,07	0,14
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhodotorula</i>	15,33	0,55	1,07	0,14
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhodotorula</i>	22,17	1,05	2,05	0,22
Plaza de mercado	6-nov	<i>Rhodotorula</i>	22,33	1,06	2,07	0,22
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Aspergillus</i>	5,67	0,15	0,30	0,06
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Aspergillus</i>	6,00	0,13	0,26	0,05
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Aspergillus</i>	9,00	0,09	0,17	0,03
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Aspergillus</i>	12,33	0,33	0,65	0,09
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Candida</i>	6,33	0,11	0,21	0,04
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Cladosporium</i>	5,33	0,18	0,35	0,08
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Cladosporium</i>	9,67	0,14	0,27	0,04
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Cladosporium</i>	7,17	0,05	0,09	0,02
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Rhizopus</i>	5,00	0,20	0,40	0,09
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Rhizopus</i>	7,50	0,02	0,04	0,01
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Rhizopus</i>	10,33	0,18	0,36	0,06
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Rhodotorula</i>	6,00	0,13	0,26	0,05
Colegio EDUSAN	5-nov	<i>Rhodotorula</i>	9,83	0,15	0,29	0,05
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Aspergillus</i>	13,83	0,44	0,86	0,12
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Aspergillus</i>	14,33	0,48	0,93	0,13
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Aspergillus</i>	15,67	0,57	1,12	0,14
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Aspergillus</i>	16,33	0,62	1,22	0,15
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Candida</i>	14,17	0,46	0,91	0,12
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Candida</i>	15,67	0,57	1,12	0,14
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Rhizopus</i>	7,67	0,01	0,02	0,00
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Rhizopus</i>	16,17	0,61	1,19	0,15
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Rhodotorula</i>	12,17	0,32	0,62	0,09
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Rhodotorula</i>	12,17	0,32	0,62	0,09
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Rhodotorula</i>	12,67	0,35	0,70	0,10
Colegio EDUSAN	8-nov	<i>Ulocladium</i>	15,50	0,56	1,10	0,14

Colegio ITA	5-nov	<i>Aspergillus</i>	9,50	0,12	0,24	0,04
Colegio ITA	5-nov	<i>Aspergillus</i>	12,00	0,31	0,60	0,09
Colegio ITA	5-nov	<i>Candida</i>	7,00	0,06	0,11	0,02
Colegio ITA	5-nov	<i>Candida</i>	11,00	0,23	0,46	0,07
Colegio ITA	5-nov	<i>Mucor</i>	10,67	0,21	0,41	0,06
Colegio ITA	5-nov	<i>Mucor</i>	11,17	0,25	0,48	0,07
Colegio ITA	5-nov	<i>Mucor</i>	12,00	0,31	0,60	0,09
Colegio ITA	5-nov	<i>Rhizopus</i>	6,17	0,12	0,23	0,05
Colegio ITA	5-nov	<i>Rhizopus</i>	7,17	0,05	0,09	0,02
Colegio ITA	5-nov	<i>Rhizopus</i>	10,50	0,20	0,39	0,06
Colegio ITA	5-nov	<i>Rhizopus</i>	10,83	0,22	0,43	0,07
Colegio ITA	5-nov	<i>Rhizopus</i>	10,67	0,21	0,41	0,06
Colegio ITA	5-nov	<i>Aspergillus</i>	4,50	0,24	0,47	0,11
Colegio ITA	8-nov	<i>Aspergillus</i>	5,67	0,15	0,30	0,06
Colegio ITA	8-nov	<i>Aspergillus</i>	8,83	0,08	0,15	0,03
Colegio ITA	8-nov	<i>Candida</i>	5,33	0,18	0,35	0,08
Colegio ITA	8-nov	<i>Candida</i>	9,00	0,09	0,17	0,03
Colegio ITA	8-nov	<i>Penicillium</i>	8,67	0,06	0,13	0,02
Colegio ITA	8-nov	<i>Rhizopus</i>	5,67	0,15	0,30	0,06
Colegio ITA	8-nov	<i>Rhizopus</i>	8,83	0,08	0,15	0,03
Colegio ITA	8-nov	<i>Rhizopus</i>	10,67	0,21	0,41	0,06

Fuente: Autoras.

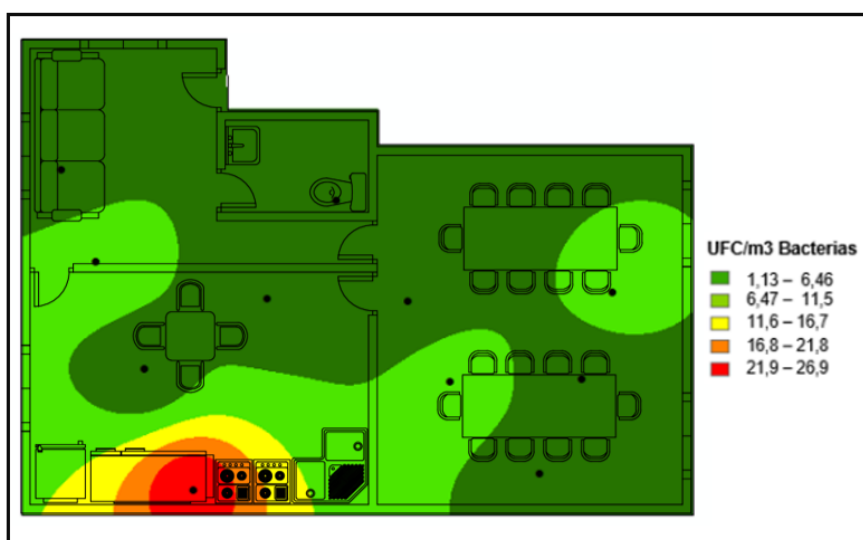
E. Anexo: Mapas de concentraciones

Mapa E-1. Mapa de concentración de Bacterias en el Ancianato el día 6-Nov



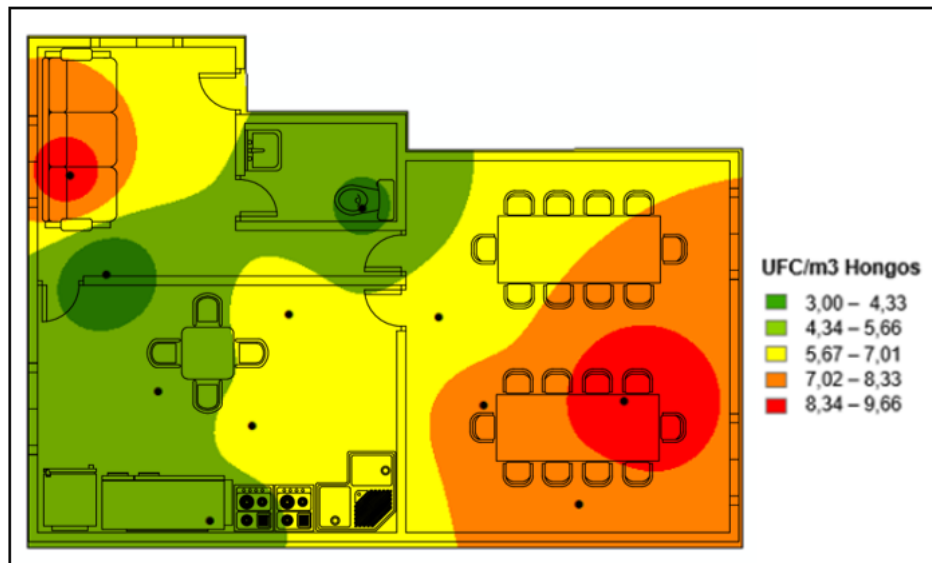
Fuente: Autoras.

Mapa E-2. Mapa de concentración de Bacterias en el Ancianato el día 7-Nov



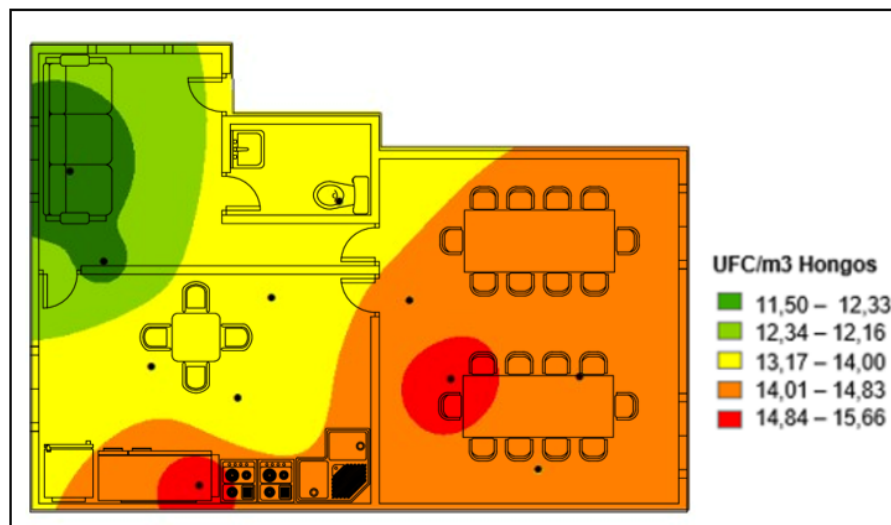
Fuente: Autoras.

Mapa E-3. Mapa de concentración de Hongos en el Ancianato el día 6-Nov



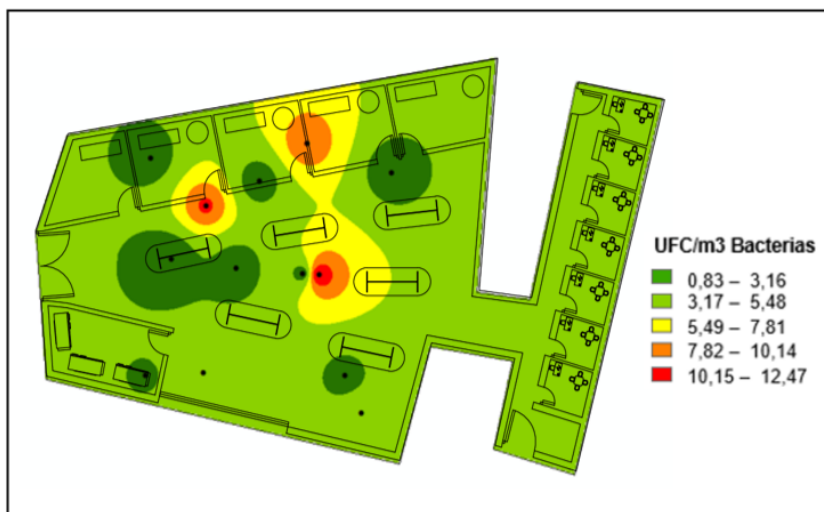
Fuente: Autoras.

Mapa E-4. Mapa de concentración de Hongos en el Ancianato el día 7-Nov



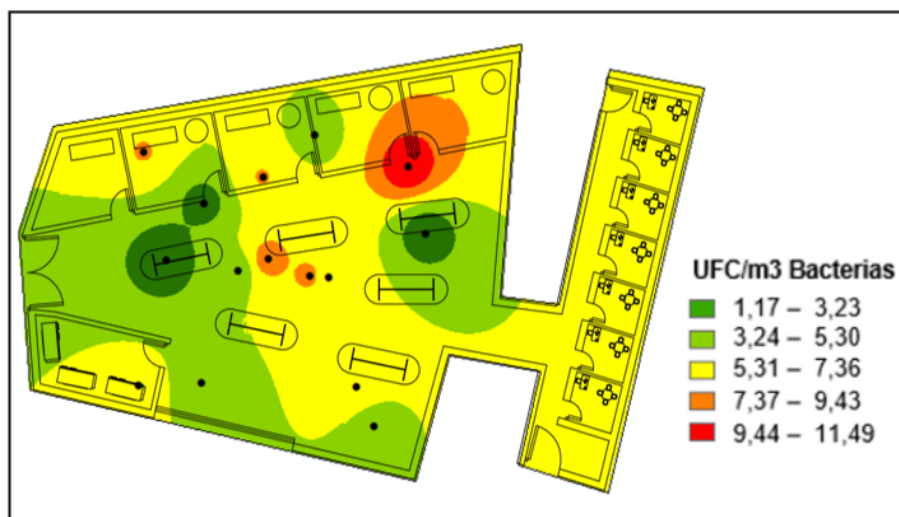
Fuente: Autoras.

Mapa E-5. Mapa de concentración de Bacterias en la Plaza el día 5-Nov



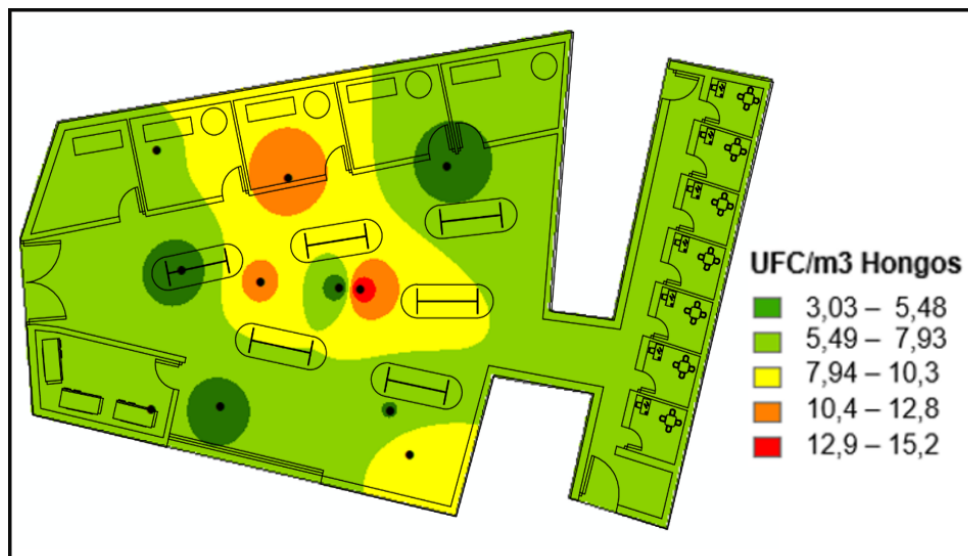
Fuente: Autoras.

Mapa E-6. Mapa de concentración de Bacterias en la Plaza el día 6-Nov



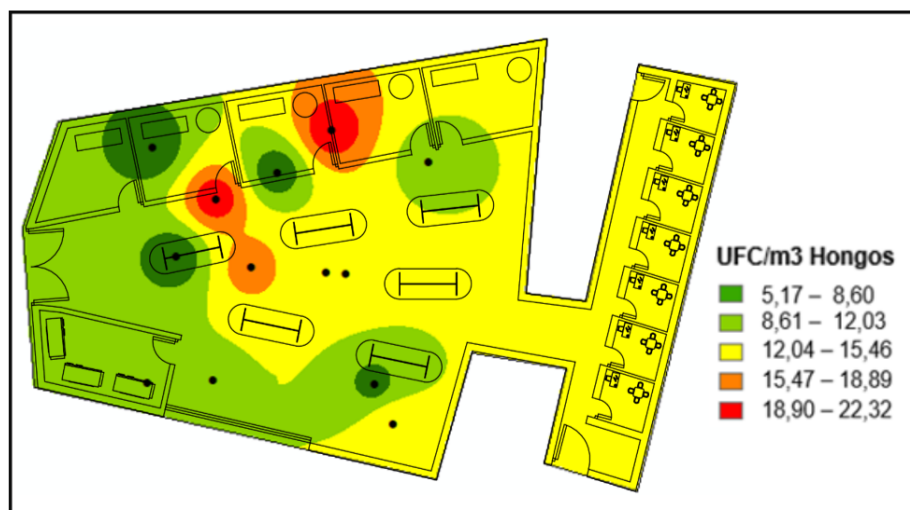
Fuente: Autoras.

Mapa E-7. Mapa de concentración de Hongos en la Plaza el día 5-Nov



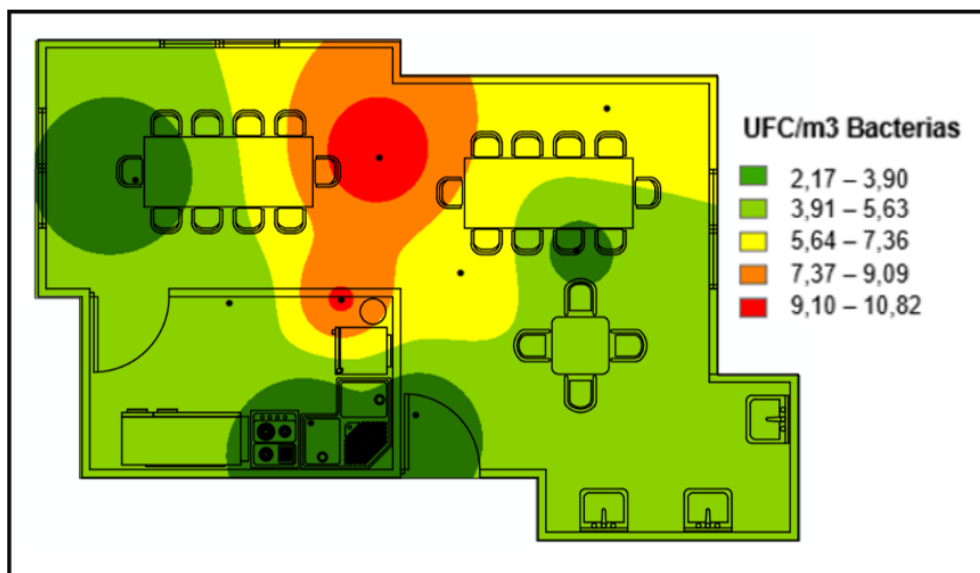
Fuente: Autoras.

Mapa E-8. Mapa de concentración de Hongos en la Plaza el día 6-Nov



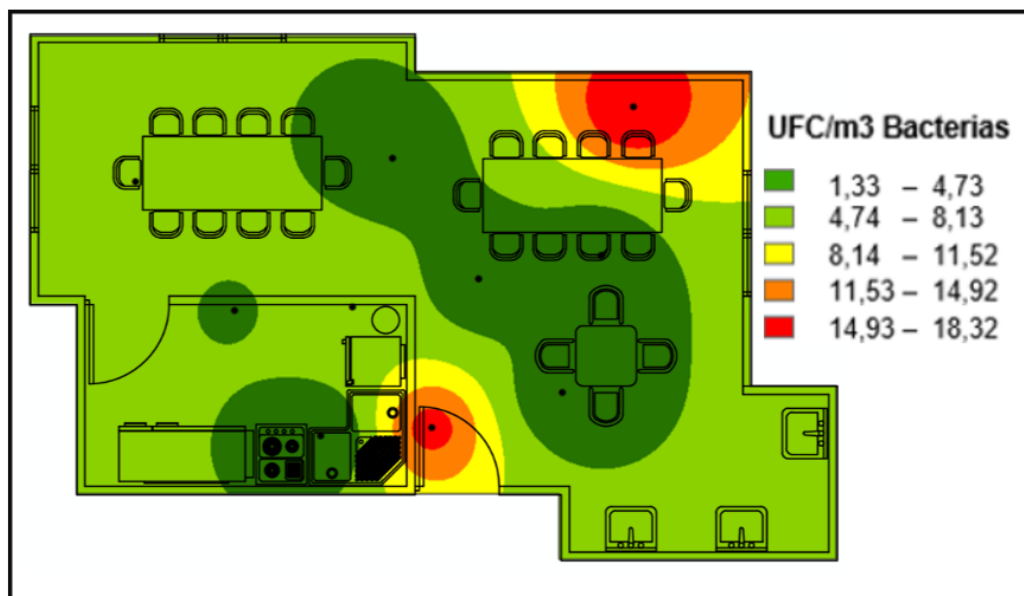
Fuente: Autoras.

Mapa E-9. Mapa de concentración de Bacterias en el colegio ITA el día 5-Nov



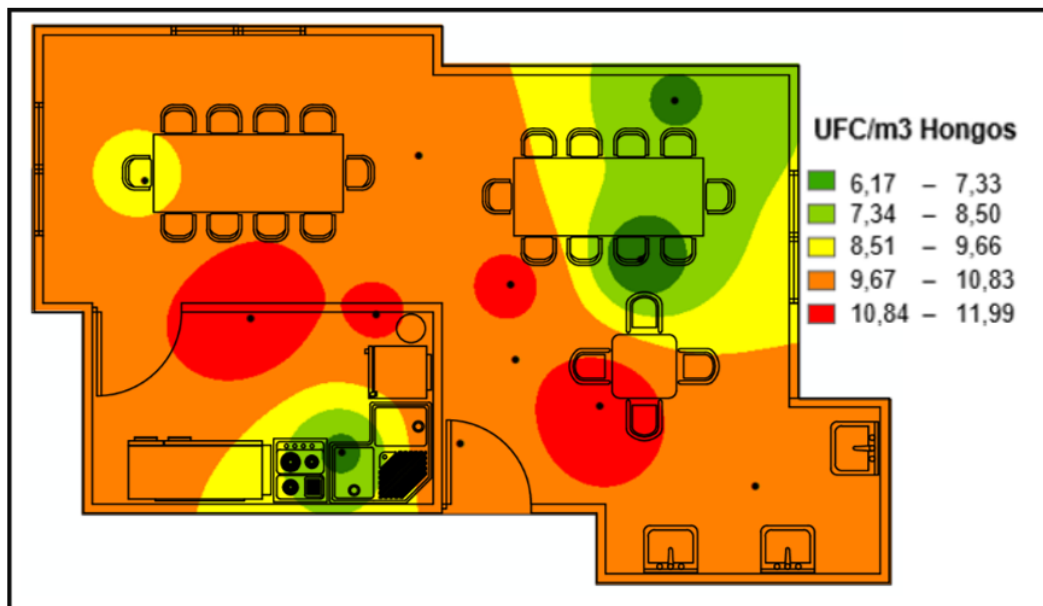
Fuente: Autoras.

Mapa E-10. Mapa de concentración de Bacterias en el colegio ITA el día 8-Nov



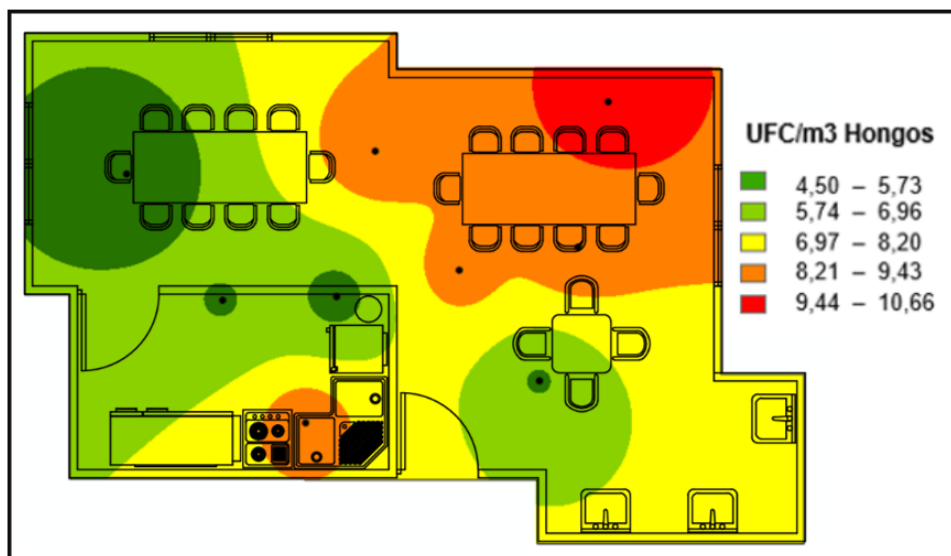
Fuente: Autoras.

Mapa E-11. Mapa de concentración de Hongos en el colegio ITA el día 5-Nov



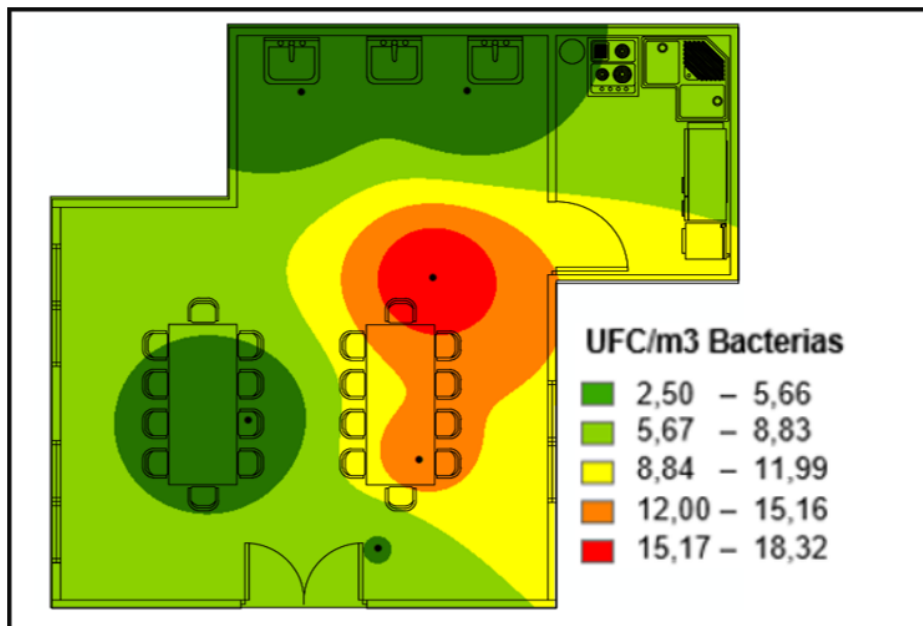
Fuente: Autoras.

Mapa E-12. Mapa de concentración de Hongos en el colegio ITA el día 8-Nov



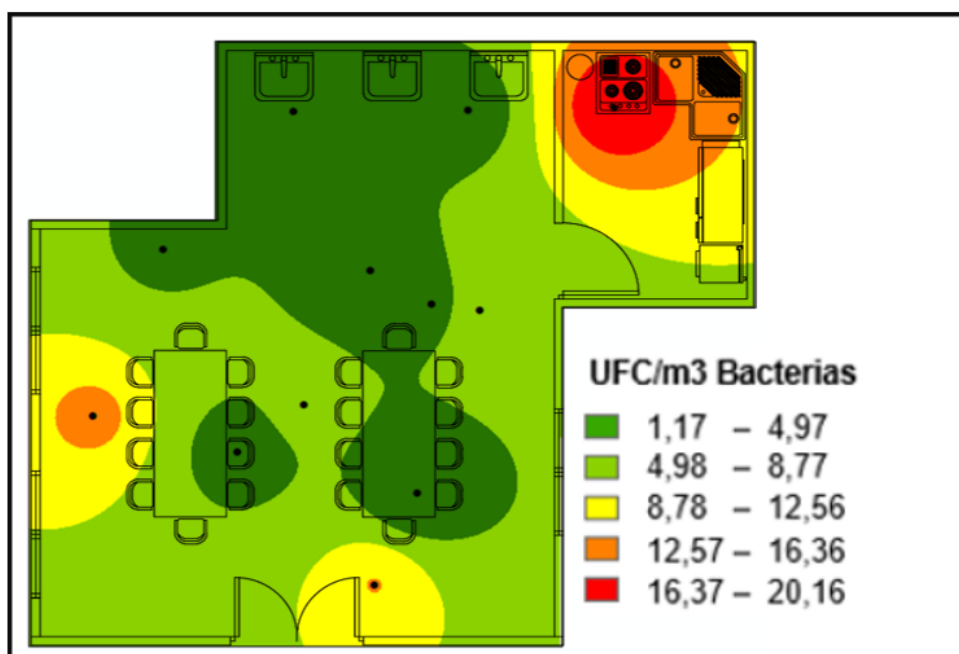
Fuente: Autoras.

Mapa E-13. Mapa de concentración de Bacterias en el colegio EDUSAN el día 5-Nov



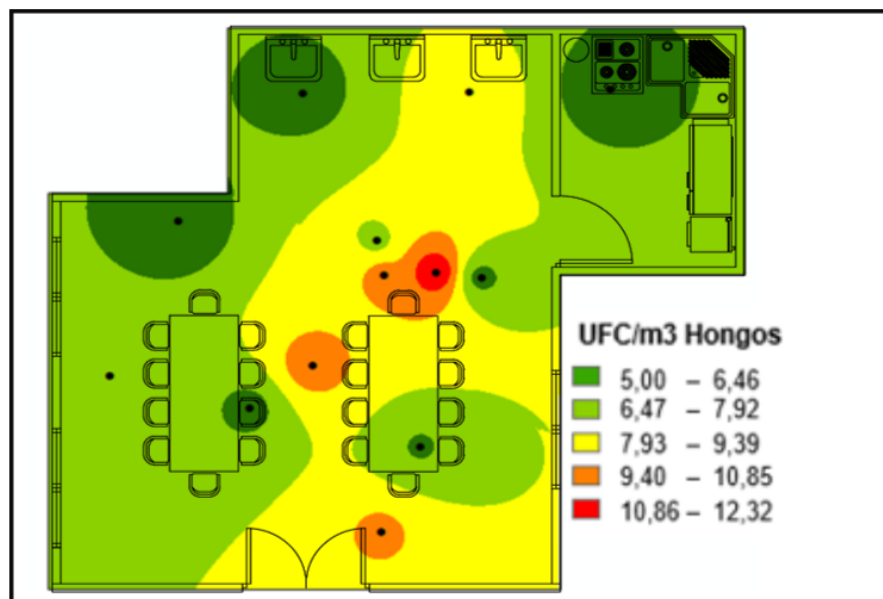
Fuente: Autoras.

Mapa E-14. Mapa de concentración de Bacterias en el colegio EDUSAN el día 8-Nov



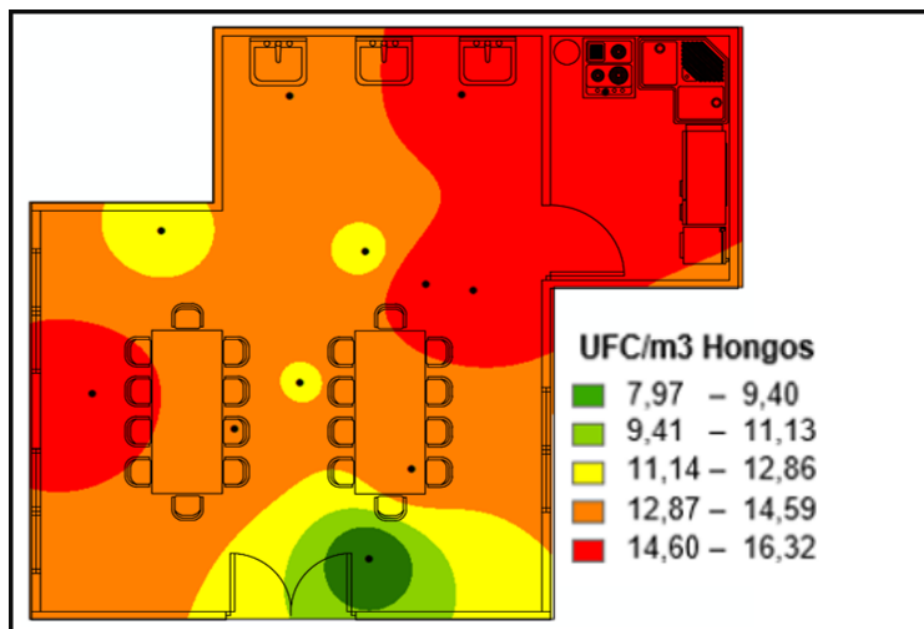
Fuente: Autoras.

Mapa E-15. Mapa de concentración de Hongos en el colegio EDUSAN el día 5-Nov



Fuente: Autoras.

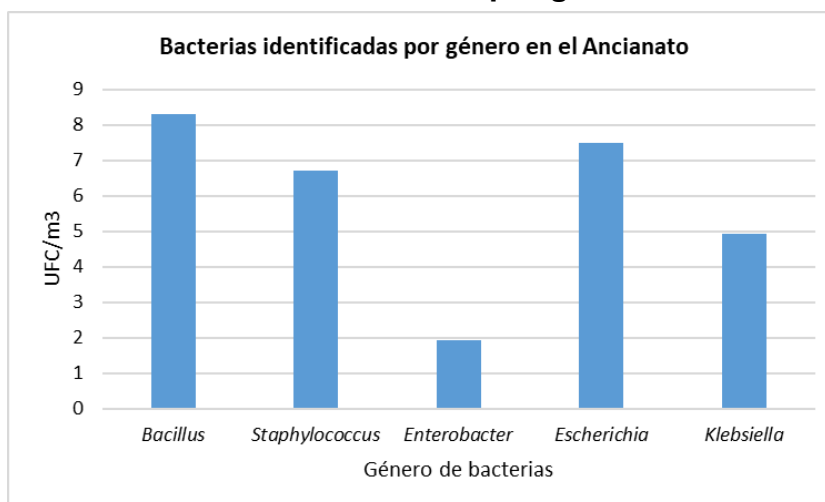
Mapa E-16. Mapa de concentración de Hongos en el colegio EDUSAN el día 8-Nov



Fuente: Autoras.

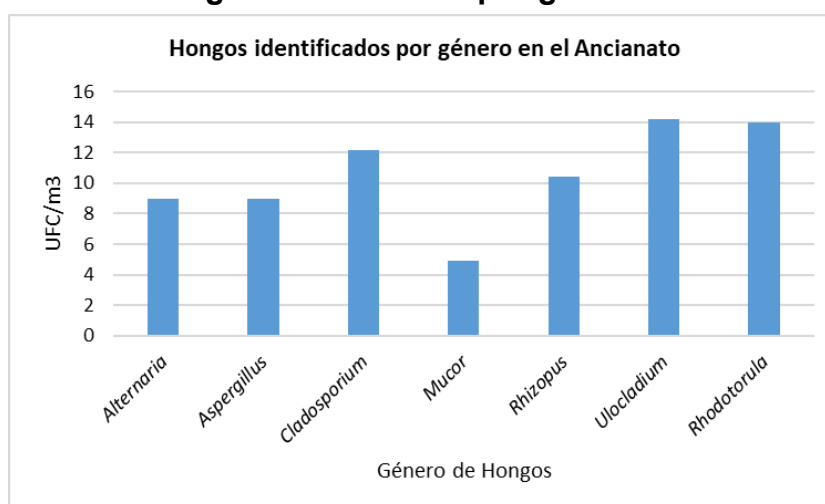
F. Anexo: Gráficas de microorganismos por género identificados en cada zona de muestreo

Gráfica F-1. Bacterias identificadas por género en el Ancianato

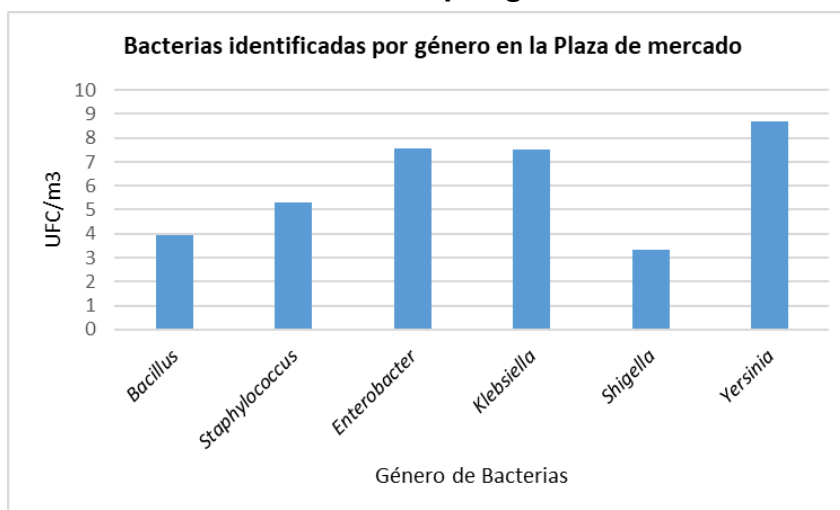


Fuente: Autoras.

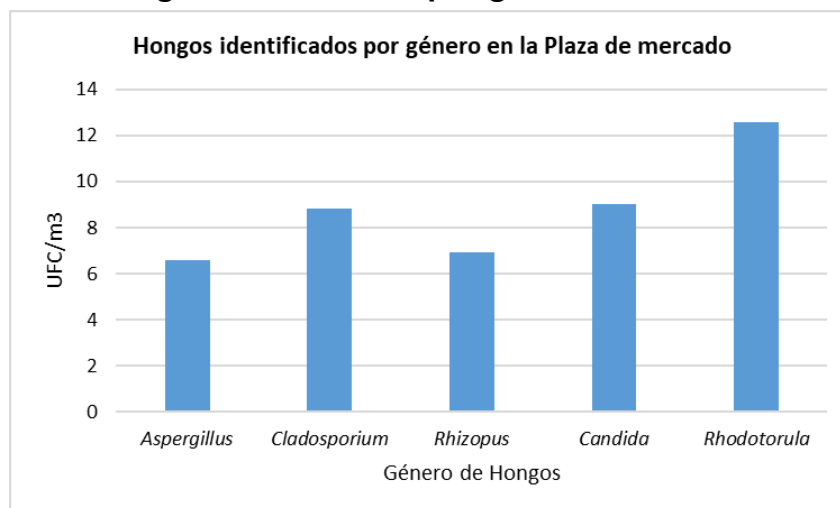
Gráfica F-2. Hongos identificados por género en el Ancianato



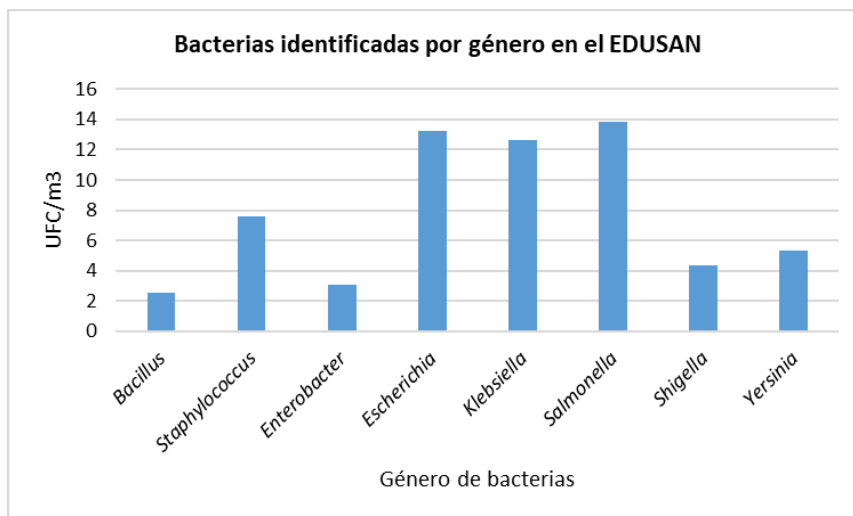
Fuente: Autoras.

Gráfica F-3. Bacterias identificadas por género en la Plaza de Mercado

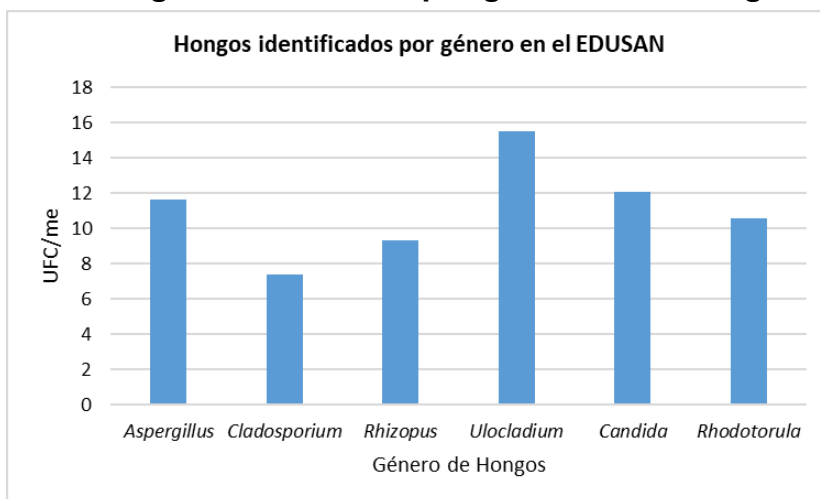
Fuente: Autoras.

Gráfica F-4. Hongos identificados por género en la Plaza de Mercado

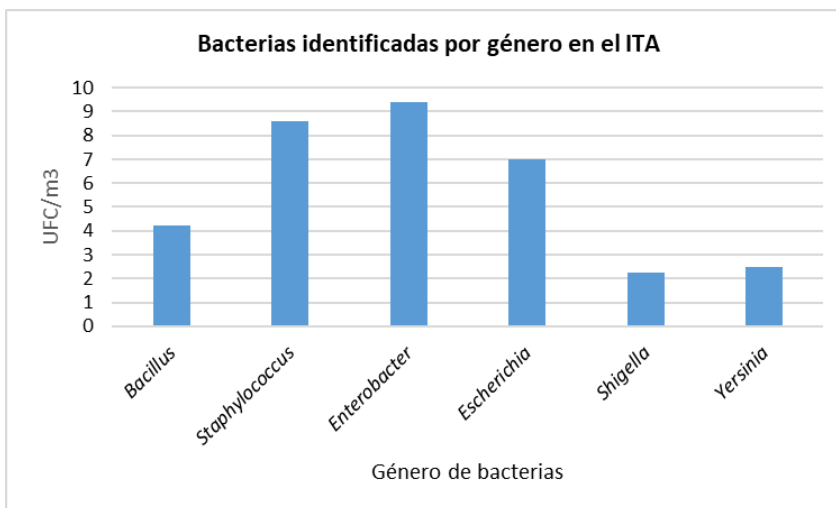
Fuente: Autoras.

Gráfica F-5. Bacterias identificadas por género en el colegio EDUSAN

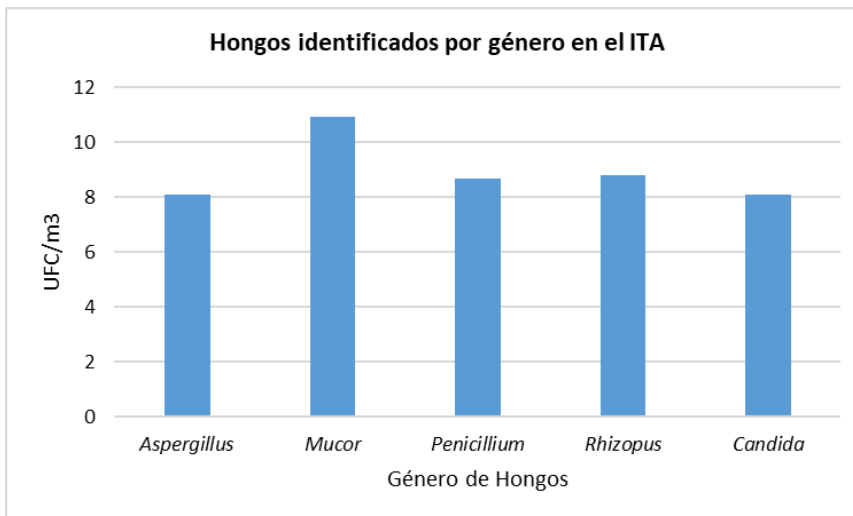
Fuente: Autoras.

Gráfica F-6. Hongos identificados por género en el colegio EDUSAN

Fuente: Autoras.

Gráfica F-7. Bacterias identificadas por género en el colegio ITA

Fuente: Autoras.

Gráfica F-8. Hongos identificados por género en el colegio ITA

Fuente: Autoras.

G. Anexo: Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y la humedad relativa

Tabla G-1. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en el Ancianato

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración de Bacterias UFC/m ³	Concentración de Hongos UFC/m ³	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Ancianato	6-nov	2,5	9	25,8	65
Ancianato	6-nov	1,67	3	26,1	65
Ancianato	6-nov	3,67	4,67	26,2	64
Ancianato	6-nov	10,83	5,17	26,2	64
Ancianato	6-nov	4,33	6	27,4	66
Ancianato	6-nov	10,33	6,17	27,3	66
Ancianato	6-nov	6,67	4	26,3	64
Ancianato	6-nov	7,5	5,83	26,5	65
Ancianato	6-nov	0,83	7,67	25,8	66
Ancianato	6-nov	9,67	7,83	26,2	65
Ancianato	6-nov	1,67	9,67	26,6	65
Ancianato	6-nov	14,17	-	26,2	64
Ancianato	6-nov	12,33	-	26,7	66
Ancianato	7-nov	2	11,5	21,4	63
Ancianato	7-nov	11,17	12,17	22,6	62
Ancianato	7-nov	1,83	14	22,4	62
Ancianato	7-nov	27	15,33	22,7	62
Ancianato	7-nov	3	13,17	21,8	61
Ancianato	7-nov	3,83	13,67	21,8	60
Ancianato	7-nov	1,33	13,83	21,5	60
Ancianato	7-nov	1,5	14	20,6	59
Ancianato	7-nov	10,5	15,67	21,8	60

Ancianato	7-nov	3,83	14	21,4	60
Ancianato	7-nov	4,17	14,17	21,8	62
Ancianato	7-nov	7,67	-	21,8	61

Fuente: Autoras.

Tabla G-2. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración de Bacterias UFC/m ³	Concentración de Hongos UFC/m ³	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Plaza de mercado	5-nov	2	7,83	22,5	75
Plaza de mercado	5-nov	0,83	4	22,3	76
Plaza de mercado	5-nov	4,67	4,67	21,7	76
Plaza de mercado	5-nov	1,33	11,33	22,5	76
Plaza de mercado	5-nov	1,67	12,33	21,7	75
Plaza de mercado	5-nov	2	3	21,5	76
Plaza de mercado	5-nov	2,5	5,33	21,6	77
Plaza de mercado	5-nov	1,83	4,33	20,6	76
Plaza de mercado	5-nov	3	5,67	19,2	76
Plaza de mercado	5-nov	4	9,5	19,4	76
Plaza de mercado	5-nov	12,5	15,33	20,2	77
Plaza de mercado	5-nov	9,67	-	21,2	76
Plaza de mercado	5-nov	10,67	-	21,4	76
Plaza de mercado	6-nov	7,5	5,33	19,8	77
Plaza de	6-nov	1,17	5,17	19,8	77

mercado					
Plaza de mercado	6-nov	4,17	11	20,8	77
Plaza de mercado	6-nov	3,67	17,83	20,6	75
Plaza de mercado	6-nov	7,5	5,33	20,5	76
Plaza de mercado	6-nov	8	12,5	20,8	76
Plaza de mercado	6-nov	6,17	7,17	20,8	75
Plaza de mercado	6-nov	11,5	10,17	20,7	75
Plaza de mercado	6-nov	6,5	10,67	20,4	75
Plaza de mercado	6-nov	4,67	15,33	20,8	77
Plaza de mercado	6-nov	5,5	15,33	20,8	77
Plaza de mercado	6-nov	4,17	22,17	21,2	75
Plaza de mercado	6-nov	2,17	22,33	20,8	76
Plaza de mercado	6-nov	1,5	-	21,3	76
Plaza de mercado	6-nov	8,67	-	20,6	76

Fuente: Autoras.

Tabla G-3. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN

Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración de Bacterias UFC/m ³	Concentración de Hongos UFC/m ³	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Colegio EDUSAN	5-nov	3,33	5,67	19,6	76
Colegio EDUSAN	5-nov	2,83	6	19,8	76
Colegio EDUSAN	5-nov	2,5	9	19,7	75
Colegio EDUSAN	5-nov	18,33	12,33	20,8	76

Colegio EDUSAN	5-nov	13,67	6,33	21,2	76
Colegio EDUSAN	5-nov	5,5	5,33	20,3	77
Colegio EDUSAN	5-nov	10,67	9,67	19,6	76
Colegio EDUSAN	5-nov	7,50	7,17	19,6	75
Colegio EDUSAN	5-nov	2,50	5	20,6	75
Colegio EDUSAN	5-nov	11,33	7,5	20,5	76
Colegio EDUSAN	5-nov	4,33	10,33	21,1	76
Colegio EDUSAN	5-nov	6,33	6	20,2	77
Colegio EDUSAN	5-nov	-	9,83	20,2	77
Colegio EDUSAN	8-nov	13,83	2,17	21,3	77
Colegio EDUSAN	8-nov	14,33	3	21,7	76
Colegio EDUSAN	8-nov	15,67	2,5	21,7	76
Colegio EDUSAN	8-nov	16,33	3,17	21,4	77
Colegio EDUSAN	8-nov	14,17	1,17	21,6	77
Colegio EDUSAN	8-nov	15,67	20,17	22,6	77
Colegio EDUSAN	8-nov	7,67	12,67	22,4	77
Colegio EDUSAN	8-nov	16,17	13,83	22,3	77
Colegio EDUSAN	8-nov	12,17	4,33	21,8	78
Colegio EDUSAN	8-nov	12,17	3,5	21,6	78
Colegio EDUSAN	8-nov	12,67	5,83	21,2	77
Colegio EDUSAN	8-nov	15,5	8	21,8	77

Fuente: Autoras.

Tabla G-4. Comportamiento de la concentración de microorganismos frente a la temperatura y humedad relativa en el colegio ITA

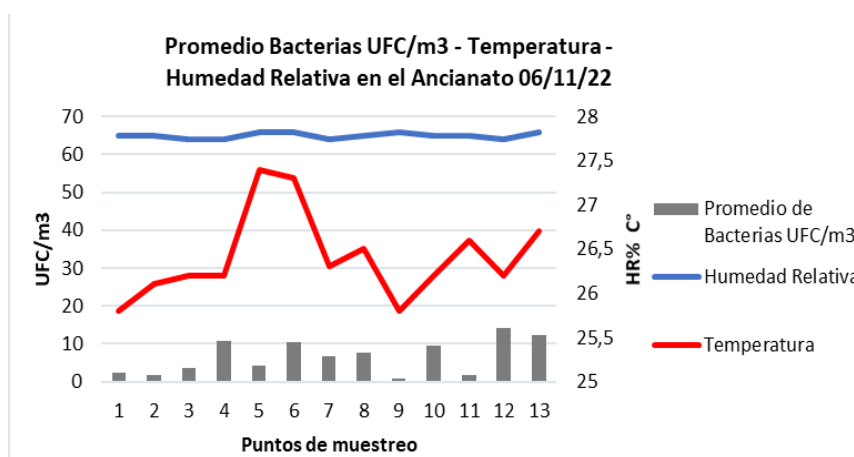
Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Concentración de Bacterias UFC/m ³	Concentración de Hongos UFC/m ³	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Colegio ITA	5-nov	2,67	9,5	22,5	75
Colegio ITA	5-nov	4,17	12	22,3	76
Colegio ITA	5-nov	2,17	7	21,7	76
Colegio ITA	5-nov	9,33	11	22,5	76

Colegio ITA	5-nov	10,83	10,67	21,6	75
Colegio ITA	5-nov	7	11,17	21,4	76
Colegio ITA	5-nov	11	12	21,4	77
Colegio ITA	5-nov	3,33	6,17	20,2	77
Colegio ITA	5-nov	7,17	7,17	19,2	76
Colegio ITA	5-nov	2,5	10,5	19,2	76
Colegio ITA	5-nov	-	10,83	21,2	76
Colegio ITA	5-nov	-	10,67	21,2	76
Colegio ITA	8-nov	5,33	4,5	25,6	76
Colegio ITA	8-nov	4,5	5,67	25,2	75
Colegio ITA	8-nov	1,33	8,83	25,2	75
Colegio ITA	8-nov	8	5,33	24,7	75
Colegio ITA	8-nov	2,5	9	24,6	75
Colegio ITA	8-nov	2	8,67	24,8	76
Colegio ITA	8-nov	2,17	5,67	25,4	75
Colegio ITA	8-nov	1,83	8,83	25,8	74
Colegio ITA	8-nov	18,33	10,67	25,6	74
Colegio ITA	8-nov	16,33	-	25,6	75

Fuente: Autoras.

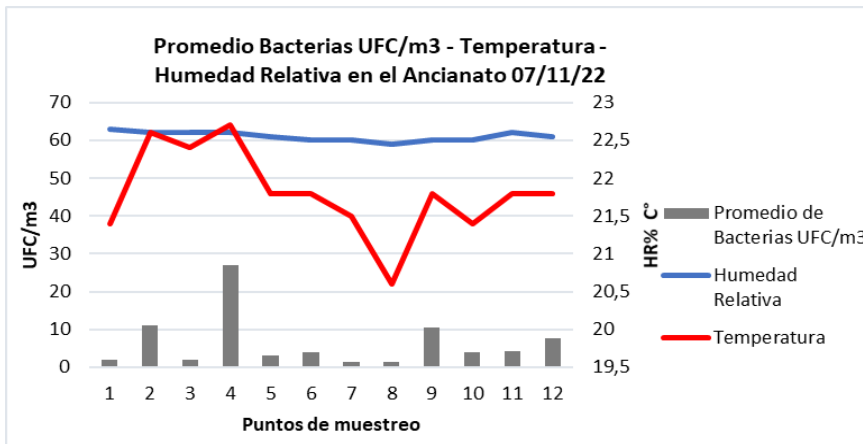
H. Anexo: Gráficas relación promedio de bacterias, temperatura y humedad relativa

Gráfica H-1. Promedio de Bacterias - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 6-Nov



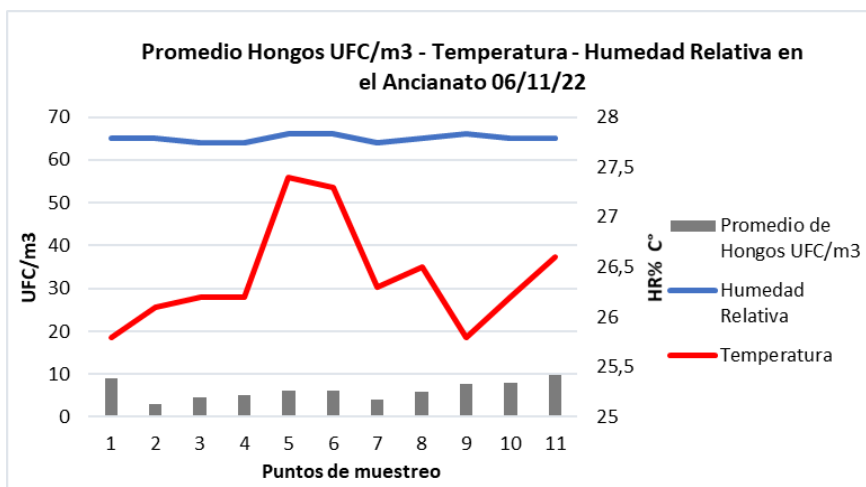
Fuente: Autoras.

Gráfica H-2. Promedio de Bacterias - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 7-Nov



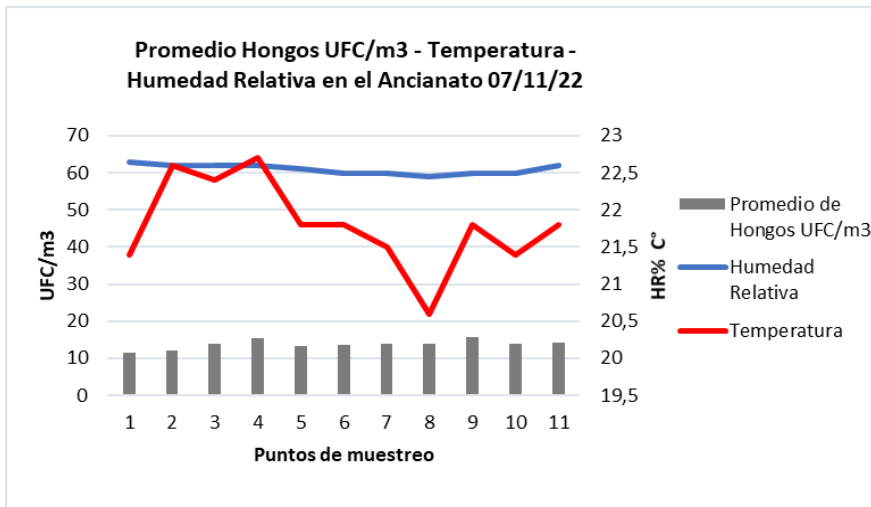
Fuente: Autoras.

Gráfica H-3. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 6-Nov



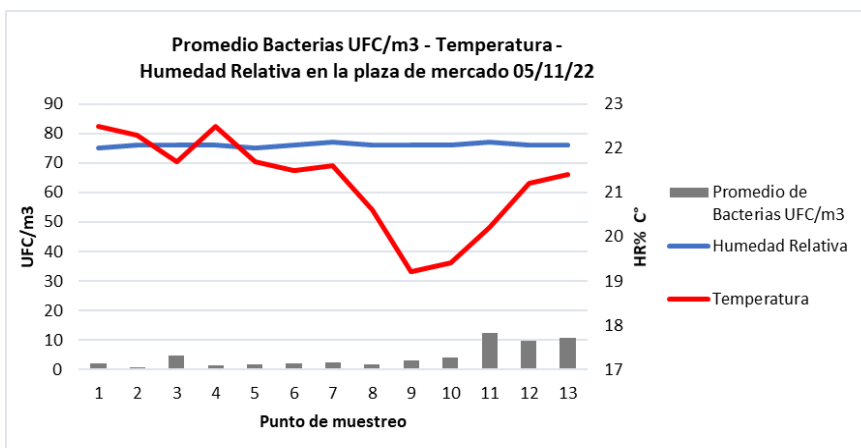
Fuente: Autoras.

Gráfica H-4. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el Ancianato el día 7-Nov



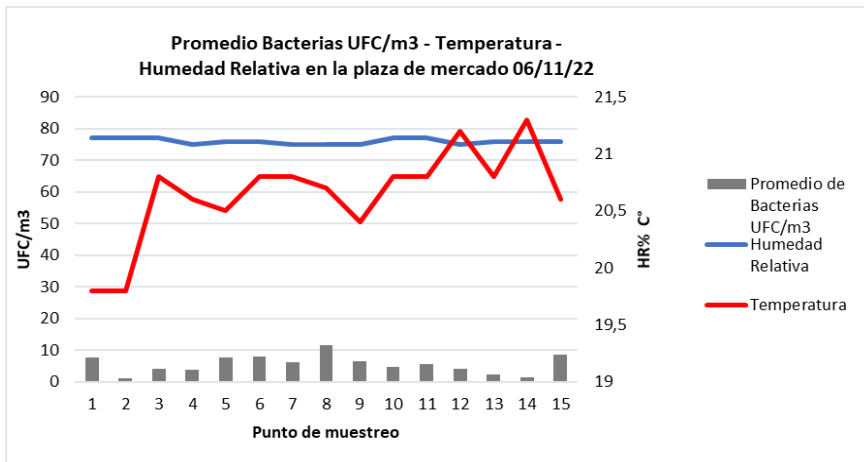
Fuente: Autoras.

Gráfica H-5. Promedio de Bacterias - temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 5-Nov



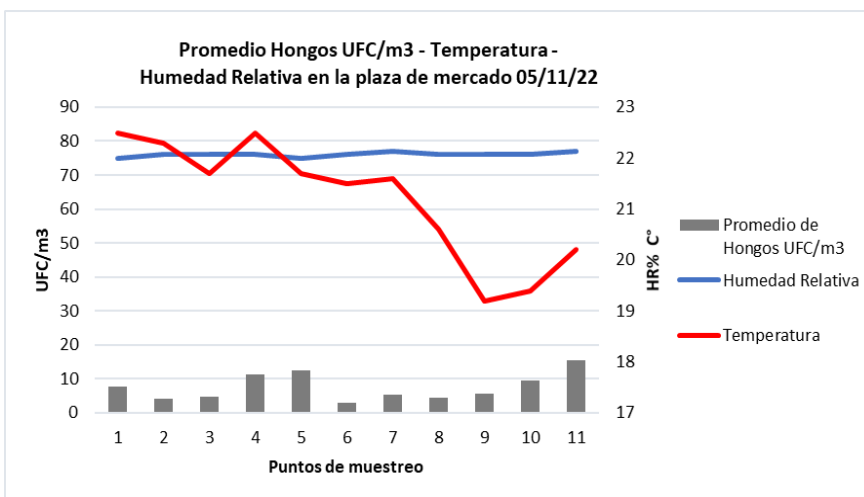
Fuente: Autoras.

Gráfica H-6. Promedio de Bacterias - temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 6-Nov



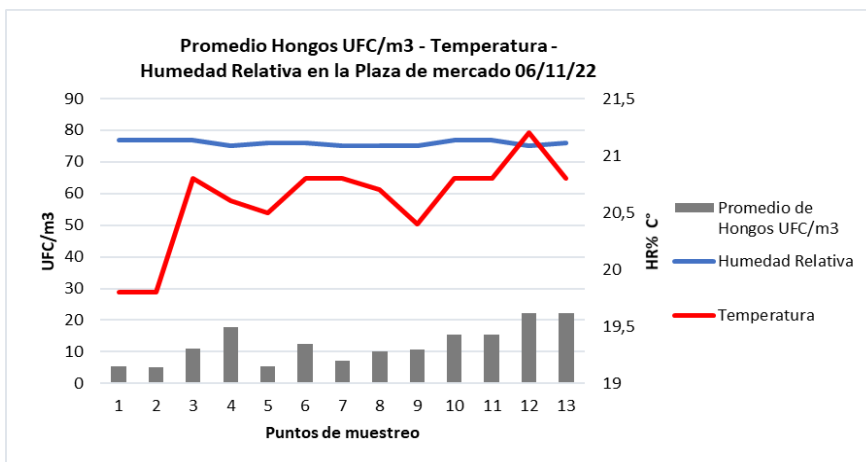
Fuente: Autoras.

Gráfica H-7. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 5-Nov



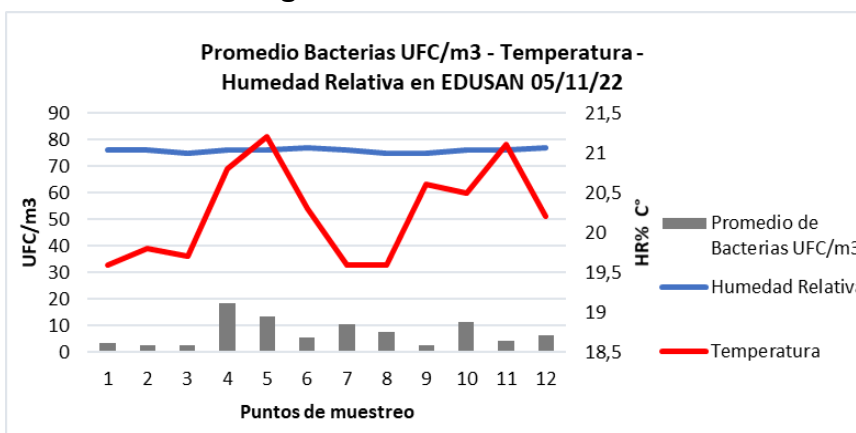
Fuente: Autoras.

Gráfica H-8. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en la Plaza de Mercado el día 6-Nov



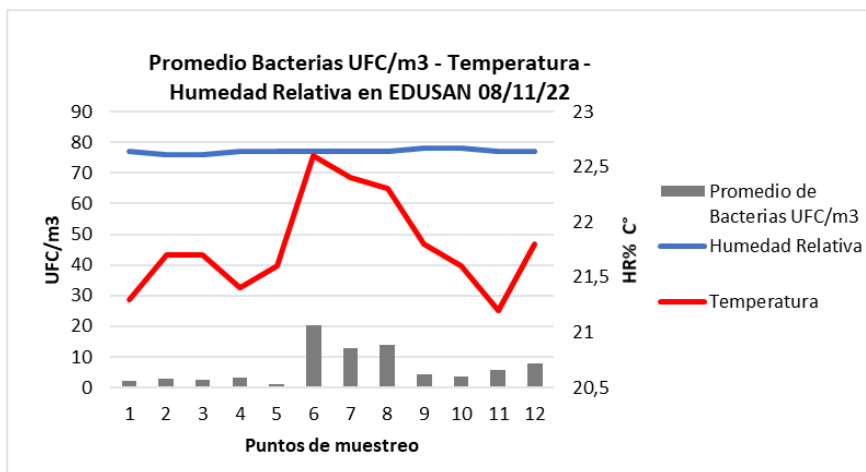
Fuente: Autoras.

Gráfica H-9. Promedio de Bacterias- temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 5-Nov



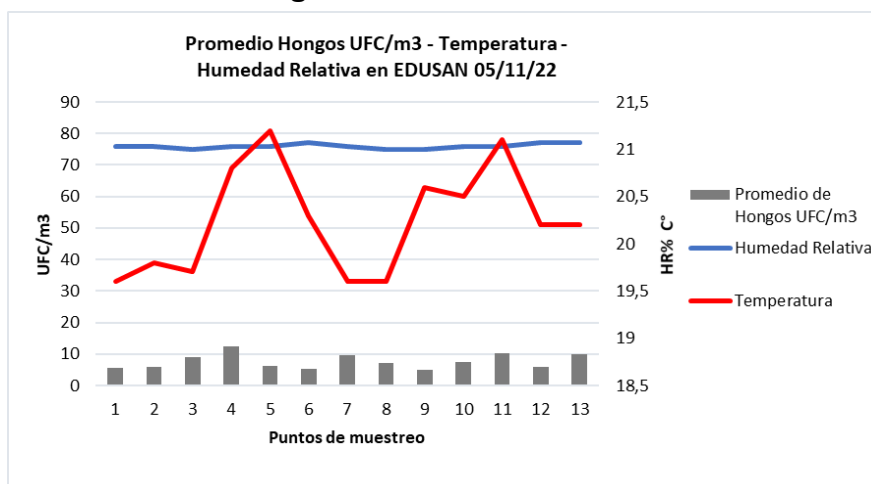
Fuente: Autoras.

Gráfica H-10. Promedio de Bacterias- temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov



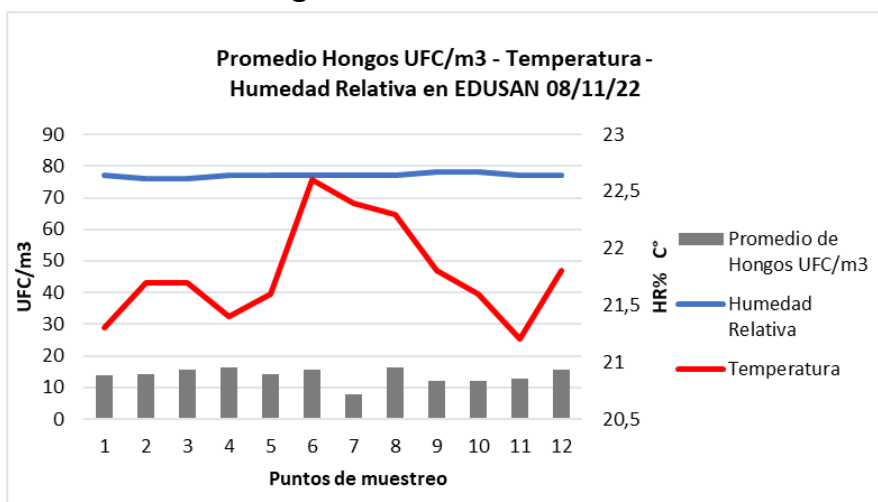
Fuente: Autoras.

Gráfica H-11. Promedio de Hongos - Temperatura y Humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 5-Nov



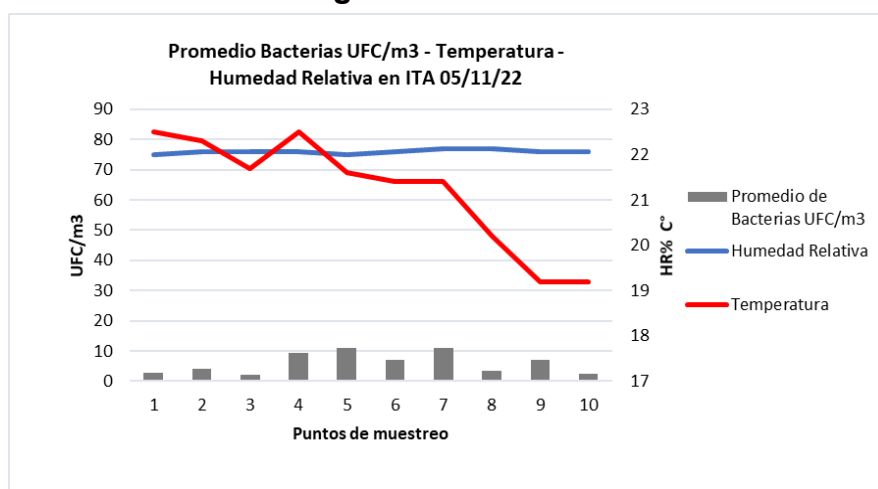
Fuente: Autoras.

Gráfica H-12. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio EDUSAN el día 8-Nov



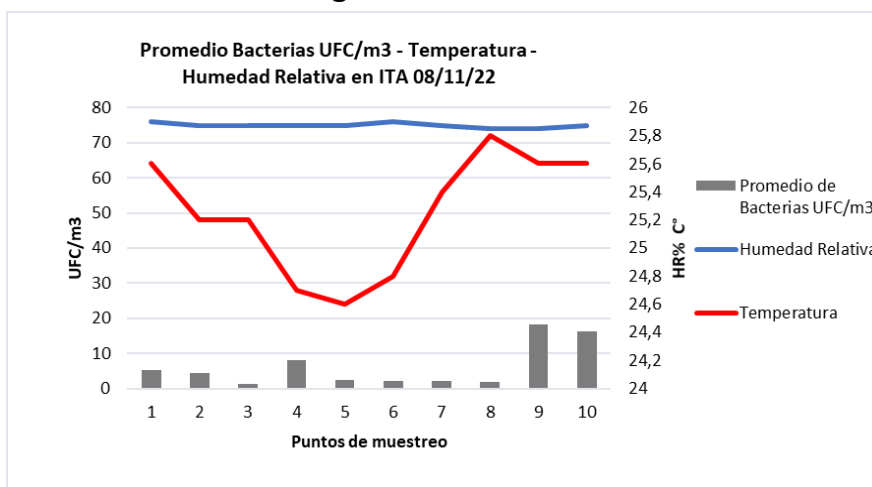
Fuente: Autoras.

Gráfica H-13. Promedio de bacterias - temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 5-Nov



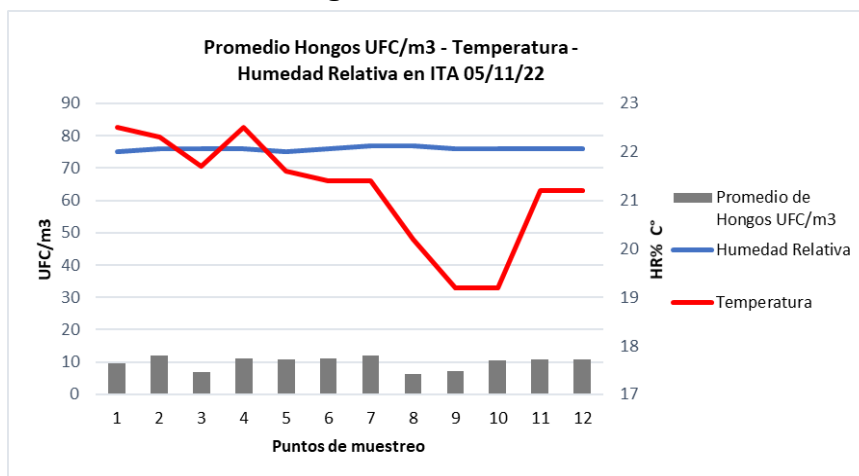
Fuente: Autoras.

Gráfica H-14. Promedio de bacterias - temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 8-Nov



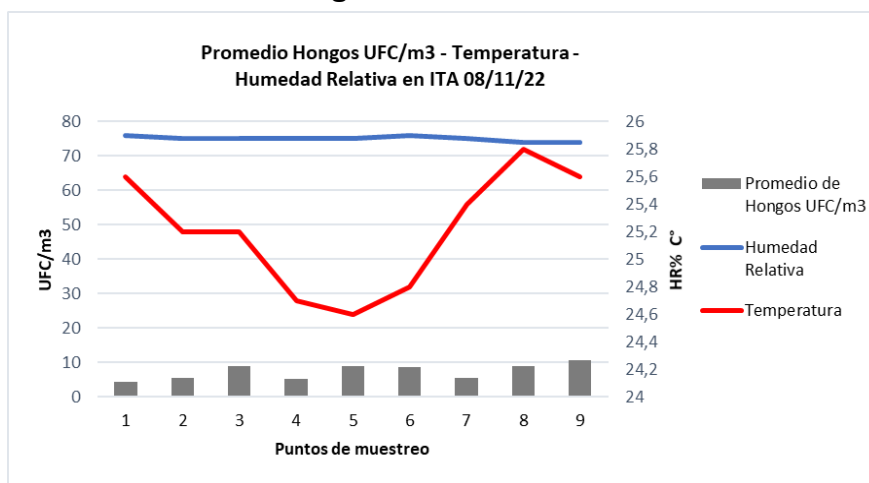
Fuente: Autoras.

Gráfica H-15. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 5-Nov



Fuente: Autoras.

Gráfica H-16. Promedio de Hongos - temperatura y humedad relativa en el colegio ITA el día 8-Nov

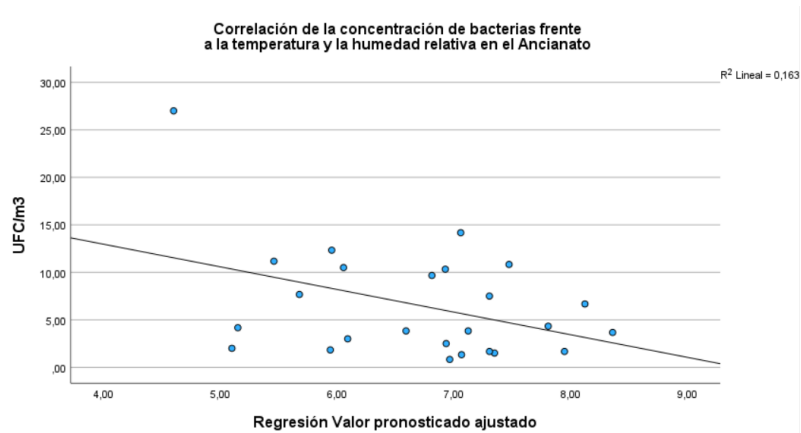


Fuente: Autoras

I. Anexo: Gráficas Correlación concentración de bioaerosoles frente a la temperatura y la humedad relativa

Gráfica I-1. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Ancianato

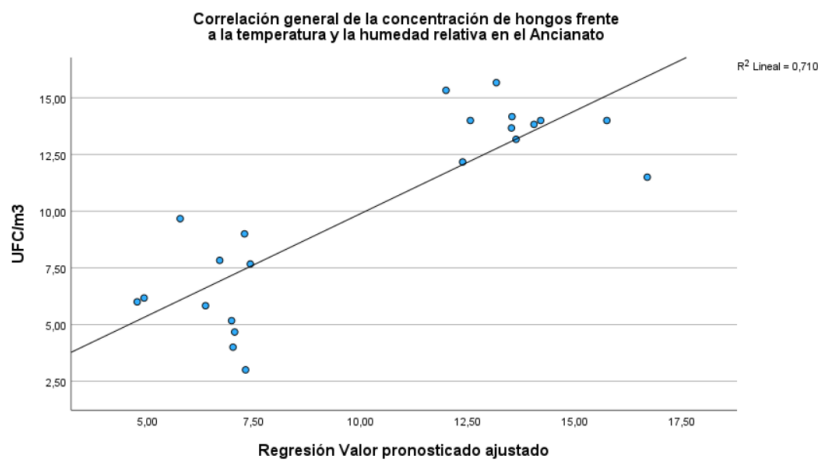
Coefficiente de correlación: 0,662



Fuente: Autoras

Gráfica I-2. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Ancianato

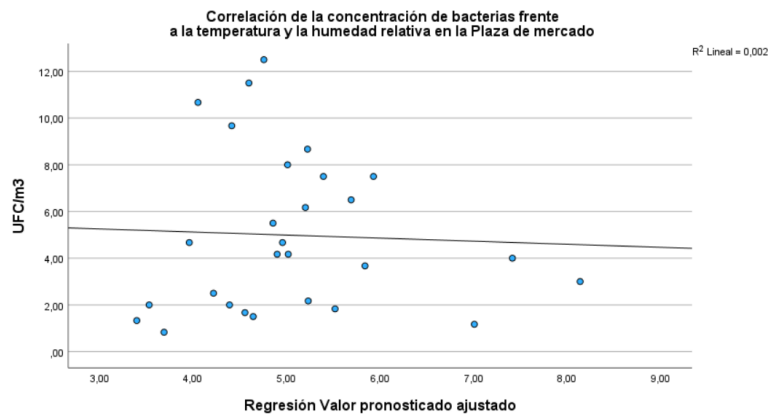
Coefficiente de correlación: 0,893



Fuente: Autoras

Gráfica I-3. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en la Plaza de mercado

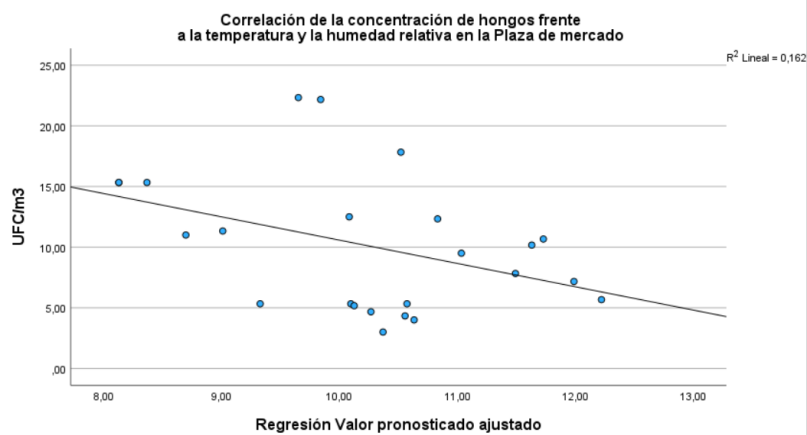
Coefficiente de correlación: 0,294



Fuente: Autoras

Gráfica I-4. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en la Plaza de mercado

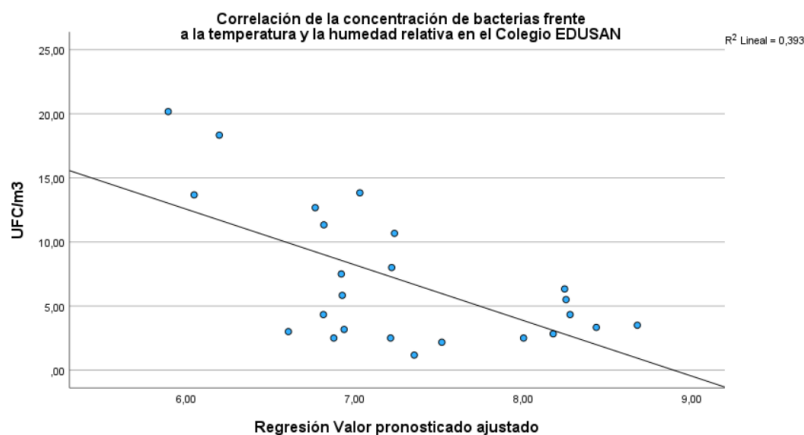
Coefficiente de correlación: 0,651



Fuente: Autoras

Gráfica I-5. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN

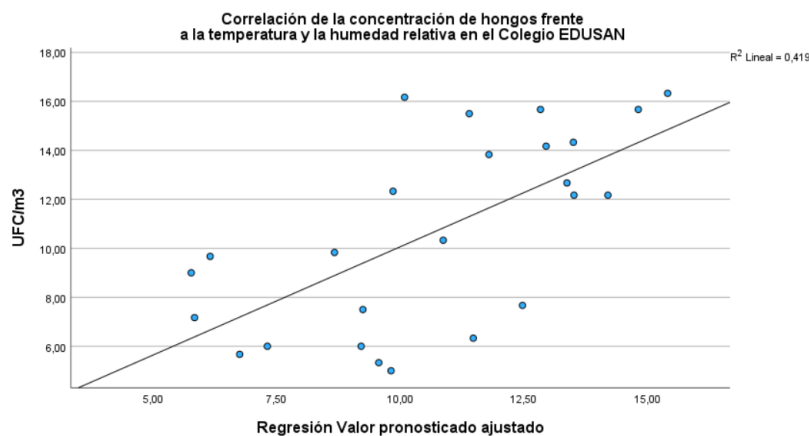
Coefficiente de correlación: 0,114



Fuente: Autoras

Gráfica I-6. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio EDUSAN

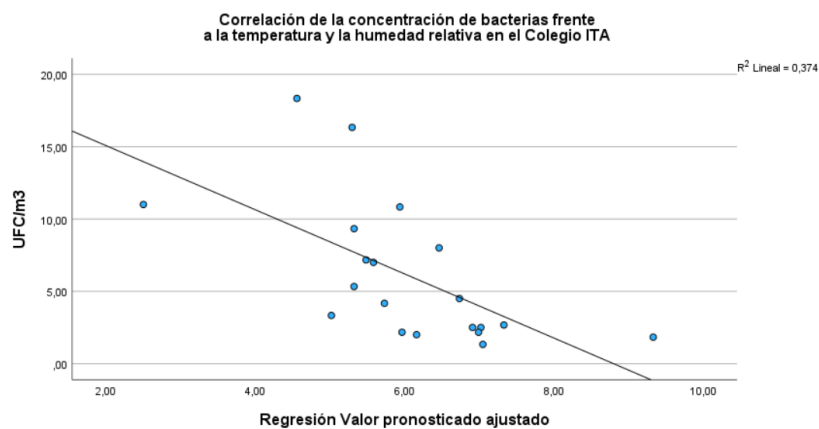
Coefficiente de correlación: 0,723



Fuente: Autoras

Gráfica I-7. Correlación de la concentración de bacterias frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio ITA

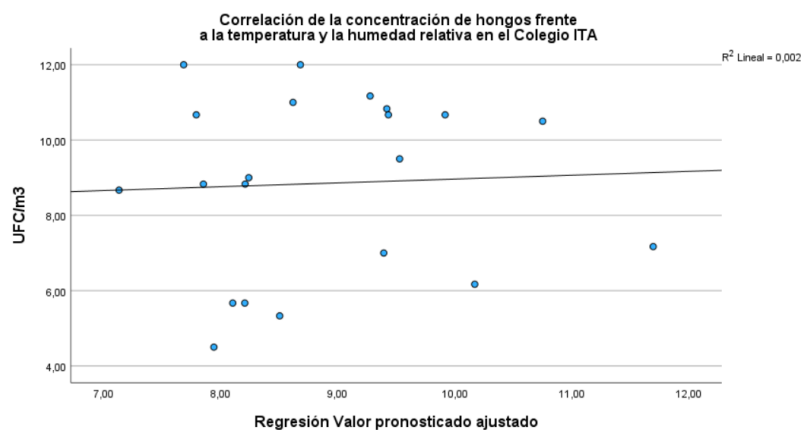
Coefficiente de correlación: 0,172



Fuente: Autoras

Gráfica I-8. Correlación de la concentración de hongos frente a la temperatura y la humedad relativa en el Colegio ITA

Coefficiente de correlación: 0,419



Fuente: Autoras