



Article scientific

Evaluation of air quality from bacteriological indicators and fungal pathogens in the urban area of the city of Tingo María

 Jonatan Estiff León Santa María ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú 

ITEM INFORMATION

Published: 2023-12-26
Accepted: 2023-12-22
Received: 2023-10-02

Keywords:

Bacteriological indicators
Fungal indicators
Air quality
Urban area

ABSTRACT

Air quality is increasingly altered by different pollutants due to the increase in anthropogenic activities which emit different pathogens into the air, such is the case of microorganisms that can be transported through the air and affect people's health. In this research, an evaluation of the microbiological contamination of the air in the city of Tingo María was carried out using Petri dishes with Sabouraud Glucose Agar and Plate Count culture media for fungi and bacteria, respectively, which were placed in 12 strategically selected points of the city. From the results of the determination of the number of colonies by the method of counting the most probable number, it was determined that the highest concentration for bacteria was found in the sample MB10 located at Av. Raymondi with Jr. Julio Burga with a concentration of $84 \cdot 10^3$ colonies mo/cm³ and for fungi this was found in the sample MF7 located in the Plaza de Armas: Ovalo de la Alameda Peru with a concentration of $34 \cdot 10^3$ Colonies mo/cm³; the lowest concentration for bacteria was found in sample MB3 located in Jr. Callao block 4 with $5 \cdot 10^3$ Colonies mo/cm³ for fungi the lowest concentration was found in samples MF1, MF2 and MF8 with a concentration of $4 \cdot 10^3$ Colonies mo/cm³. In addition, by counting the concentrations of all the samples, the areas with the highest concentration for both bacteria and fungi were zoned.

Evaluación de la calidad del aire a partir de indicadores bacteriológicos y fúngicos patógenos en la zona urbana de la ciudad de Tingo María


RESUMEN

La calidad del aire cada vez se ve más alterado por diferentes contaminantes esto debido al aumento de las actividades antropogénicas las cuales emiten al aire diferentes patógenos tal es el caso de los microorganismos que por medio del aire pueden ser transportados y llegar a afectar la salud de las personas. En esta investigación se realizó una evaluación de la contaminación microbiológica del aire de la ciudad de Tingo María utilizando placas Petri con medios de cultivo Agar Sabouraud Glucosa y Plate Count para fungi y bacterias respectivamente los cuales fueron ubicados en 12 puntos de la ciudad seleccionados estratégicamente. A partir de los resultados de la determinación del número de colonias por el método de conteo del número más probable se determinó que la mayor concentración para bacterias se encontró en la muestra MB10 ubicado en la Av. Raymondi con Jr. Julio Burga con una concentración de $84 \cdot 10^3$ Colonias mo/cm³ y para fungi esta se encontró en la muestra MF7 ubicada en la Plaza de Armas: Ovalo de la Alameda Perú con una concentración de $34 \cdot 10^3$ Colonias mo/cm³; la menor concentración para bacterias la tuvo la muestra MB3 ubicado en el Jr. Callao cuadra 4 con $5 \cdot 10^3$ Colonias mo/cm³ para fungi la menor concentración se encontró en las muestras MF1, MF2 y MF8 con una concentración de $4 \cdot 10^3$ Colonias mo/cm³. Además, con el conteo de las concentraciones de todas las muestras se logró zonificar las áreas con mayor concentración tanto para bacterias como para fungi.

Palabras clave:

Indicadores bacteriológicos
Indicadores fúngicos
Calidad de aire
Zona urbana



 <https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v2i2.20>



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, como resultado del desarrollo y progreso tecnológico se han originado diversas formas de contaminación, las cuales alteran el equilibrio de los ecosistemas sumado a esto las políticas medioambientales no son eficientes con respecto a este ámbito ya que generalmente destinan grandes recursos materiales y humanos a la disminución de los efectos de la contaminación, cuando estos esfuerzos enfocados en las consecuencias, deberían también ir acompañados de esfuerzos en las causas, es decir, mejorar los procedimientos de producción utilizando materiales e insumos menos contaminantes y tratar el problema desde la fuente. Tanto la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) han reportado “en un estudio realizado sobre la calidad del aire cifras que resaltan el efecto negativo en la salud pública ocasionado por la mala calidad del aire en las distintas ciudades del mundo, generando 6.5 millones de muertes atribuibles a la contaminación por partículas y microbiológica del aire en las ciudades” (OMS, 2015). El aire es un medio de dispersión de muchos microorganismos y virus sin embargo existe mucha carencia en normas o estándares que especifiquen los niveles de riesgo de exposición a estos patógenos. Estos microorganismos proceden de distintas fuentes, donde viven, se alimentan y se reproducen en él a pesar de ello, estos no sólo afectan directamente a la salud de la comunidad expuesta al origen, sino que mediante su dispersión pueden llegar afectar a la población más lejana a través del transporte aéreo y causar problemas serios a la salud pública. La ciudad de Tingo María no es ajena a este problema ya que según Ramos (2019), en su trabajo de investigación acerca de microorganismos patógenos del aire presentes en las partículas atmosféricas sedimentables de 7 áreas verdes de Tingo María en esta encontró 28 géneros de microorganismos donde las bacterias más frecuentes fueron: *Staphylococcus* sp, *Bacillus* sp, *Pantoea agglomerans*; los hongos de relevancia fueron: *Candida albicans* sp, *Rhizopus* sp, *Aspergillus* sp. y algunos fitopatógenos como *Fusarium* sp, *Trichoderma* sp, *Richosporium* sp y *Botrytis* sp; según la prueba Pearson existe buena correlación estadísticamente significativa entre las concentraciones de PAS y los microorganismos patógenos del aire. Este problema se debe principalmente al intenso tránsito vehicular y ubicación de las vías de evitamiento en la zona urbana, siendo esta la principal fuente de dispersión de PAS, las actividades de construcción, comercio y parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento que también influyen significativamente. Para esta investigación se planteó como objetivo evaluar la calidad microbiológica del aire de la ciudad de Tingo María.

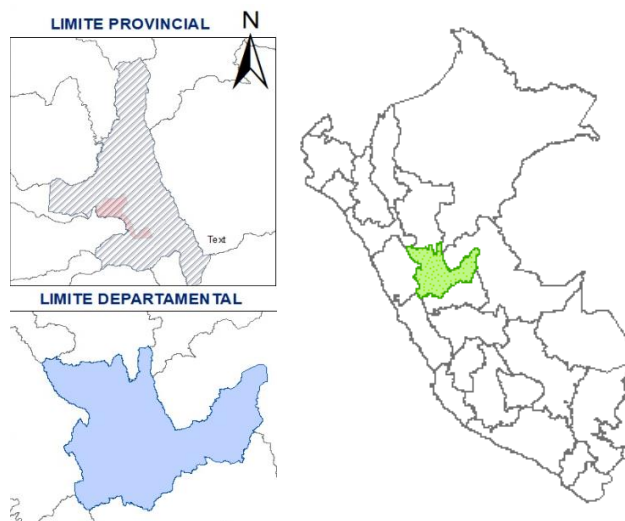
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La zona de estudio corresponde enteramente a la ciudad de Tingo María que está ubicada en el distrito de Rupa Rupa, geográficamente se localiza a $9^{\circ} 17'08''$ de latitud sur y $75^{\circ} 59' 52''$ Oeste, a 647 metros sobre el nivel del mar, con un clima cálido muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año (SENAMHI, 2021). Ubicación política: Distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco. Se analizó en 12 puntos de la zona urbana de la ciudad en lugares estratégicos de mayor concurrencia de la población como se muestra en el siguiente mapa.

Figura 1

Ubicación geografía de los puntos monitoreados



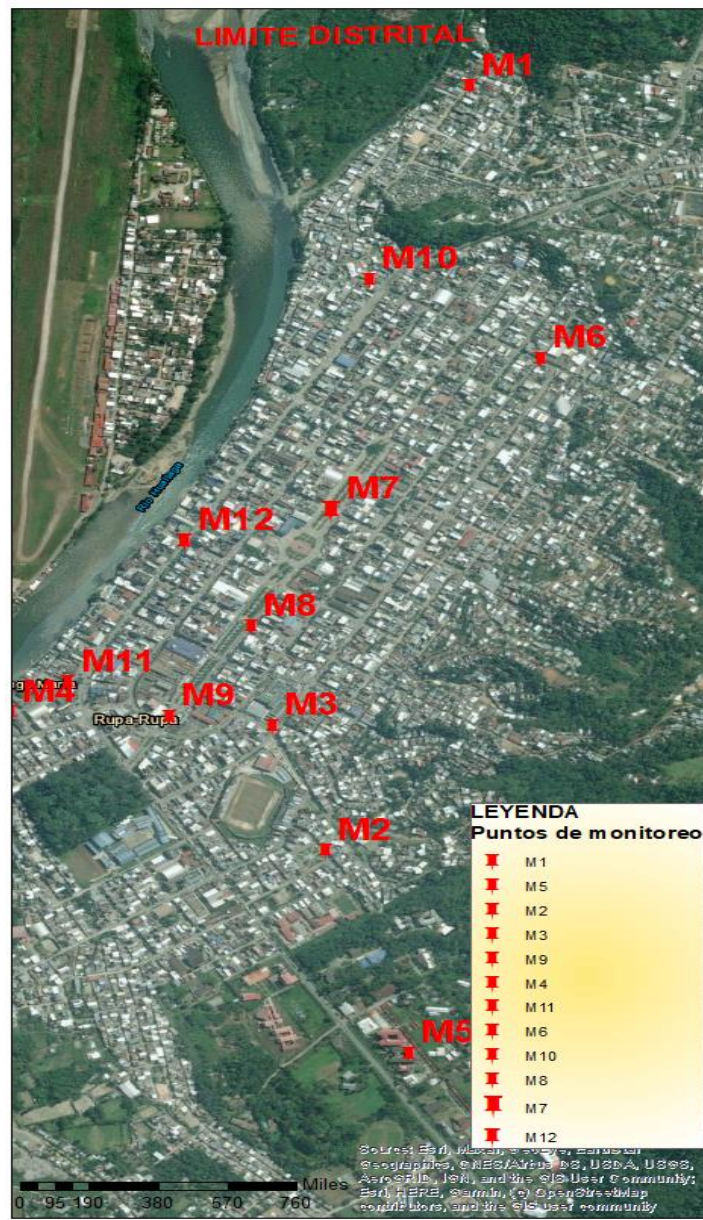


Tabla 1

Ubicación de los puntos evaluados según el Sistema UTM Zona 18S – Datum WGS84

Punto	Muestra	Ubicación referencial	Coordenadas (UTM)		Altitud (m.s.n.m.)
			Este (m)	Norte (m)	
1	M1	Jr. Miraflores y Jr. Juanjui (Cementerio)	390510	8973312	653 m
2	M2	Parque Bella	390193	8971136	661 m
3	M3	Jr. Callao cuadra 4	390078	8971491	676 m
4	M4	Jr. Garcilazo de la Vega Cdra. 6 con Calle 1 (altura local Coop. Naranjillo)	389508	8971529	660 m
5	M5	Alrededor Aulas Guacamayo y Orquídeas - UNAS	390375	8970559	671 m
6	M6	Jr. Julio Burga y Jr. Piura	390665	8972537	662 m
7	M7	Plaza de Armas: Ovalo de la Alameda Perú.	390205	8972102	672 m
8	M8	Alameda Cdra. 7	390036	8971778	660 m
9	M9	Parque El Colono	389853	8971517	662 m
10	M10	Av. Raymondi y Jr. Julio Burga	390289	8972761	655 m
11	M11	Parque Ramón Castilla	389633	8971616	660 m
12	M12	Av. Raymondi Cdra. 2 y Jr. Cayumba	389886	8972015	659 m

Materiales

Los equipos utilizados fueron: Autoclave Model LTA 40 L, Baño maría Barnstead Electrothermal de 30 L, balanza analítica marca Henkel de 300 g, contador de colonias, estufa incubadora MEMMERT con regulación de temperatura, microscopio binocular electrónico marca LEICA DM 500 fijo, laptop LENOVO Intel Core i7, celular Samsung S9.

Los materiales de laboratorio utilizados fueron: matraces Erlenmeyer, algodón, tubos de ensayo de cristal de 10 ml, placas Petri de cristal de 100 mm x 20 mm, pipetas, varillas de agitación, mechero de Bunsen, espátulas, láminas porta y cubre objetos, asa de siembra bacteriológica, asa de siembra micológica, gradillas, agitadores, papel mantequilla, vasos de precipitado, pinzas, papel toalla, hilo pabilo, guardapolvo, etiquetas, mascarillas, guantes y gorro de cirujano, caja hermética de tecnopor, mapa de distribución de las áreas de muestreo, cuaderno de campo. Medios de cultivo utilizados: agar plate Count, agar Sabouraud glucosado al 4%, agar MacConkey, agar M77, agar manitol salado, Brain Heart Broth (BHI), caldo peptona bacteriological, agar eosina azul de metileno (EMB), vaselinas sin olor 100% puras, agar cistina-lactosa, Peptona al 0.1%, Caldo rojo de metilo y Voges-Proskauer (RMVP), Agar hierro-triple azúcar (TSI), Agar lisina-hierro (LIA), Agar citrato de Simmons, Agar Malonato, Agar urea, Caldo SIM.

Los reactivos utilizados fueron: agua destilada, rojo de metilo, indol, hidróxido de sodio al 4%, peptona al 0.1 %, alcohol acetona, ceftriaxona, reactivo lugol, safranina, cristal violeta, agar hierro-triple azúcar (TSI), agar lisina-hierro (LIA), agar citrato de Simmons, agar Malonato, agar urea, caldo SIM, Esmalte de uña, Lejía.

Metodología

Identificación de los puntos de muestreo

Se identificó 12 puntos en la zona urbana de la ciudad de Tingo Maria donde se realizarán muestreo tanto de bacterias como de fungis, estos puntos fueron seleccionados estratégicamente en función de la concurrencia del tráfico vehicular y peatonal, y la cercanía a fuentes emisoras de microorganismos.

Estos puntos fueron importados al Google earth con sus respectivas coordenadas para poder usar el mapa de ubicación de puntos en la toma de muestras.

Preparación de BHI para muestreo

Se preparó 3 matraces de Erlenmeyer de 500 ml con Brain Heart Broth (BHI) mediante el siguiente procedimiento: se adicionó 3.7g de Brain Heart Broth (BHI) granulado por cada 100 mL de agua destilada; se mezcló homogéneamente y se procedió a repartir en 24 matraces de Erlenmeyer de 250 ml con 50 ml de caldo de BHI de los cuales para el muestreo de hongos a 12 de estos se agregó 1g de antibiótico (Ceftriaxona) para inhibir el desarrollo de bacterias.

Toma de muestras del aire

La toma de las muestras de aire se realizó mediante el método volumétrico. Se trasladó los matraces con caldo BHI dentro de la caja hermética de tecnopor a cada punto de muestreo, luego se realizó 50 aspiraciones de aire con una jeringa de 60 mL previamente esterilizada descartable, el contenido de la jeringa de cada aspiración se descargó en un matraz para cada punto de muestreo con el caldo BHI para bacterias y para fungí en un matraz con BHI más Ceftriaxona (López, 2012).

Determinación e identificación de bacterias

Para el desarrollo de bacterias, los matraces con medio Brain Heart Broth (BHI) más la muestra se pusieron a incubar a una temperatura de 37°C por un lapso de 48 horas, una vez transcurrido este tiempo se retiró un inóculo con un asa de siembra bacteriológica y se sembró por estrías en placas Petri con medios enriquecedores previamente preparados (Agar Manitol Salado, Agar CLED, Agar Mac Conkey, Agar M77, Agar Sabouraud), se llevaron a incubar a una temperatura de 37°C por 24 horas. Luego se pasó a realizar las pruebas bioquímicas para identificar los tipos de bacterias, donde se utilizó diferentes pruebas, como: Caldo Malonato Indol, Voges Proskauer, Rojo de Metilo, Urea, TRI, Citrato de Simmons, LIA, y Sim (López, 2012).

Determinación e identificación de fungi

Los matraces con el antibiótico (Ceftriaxona), más el caldo BHI y más la muestra se llevó a incubar a temperatura ambiente por un tiempo de 3 días, una vez transcurrido esos días se retiró un inóculo de cada caldo BHI y se sembró en Agar Sabouraud. Se incubó las placas por 5 días a temperatura ambiente para poder realizar el microcultivo, los cuales se incubaron también durante 5 días para finalmente, poder observar los montajes preparados del microcultivo al microscopio con un lente ocular de 10x y un lente objetivo de 40x e identificar los tipos de hongos (Barnett H. and Barry B., 1998).

Recuento de microorganismos

Para realizar el recuento microbiano se preparó caldo peptona al 0.1 % el cual fue vertido 90 ml por matraz en 24 matraces en donde a cada matraz se añadió 10 ml de BHI muestreado para luego determinar el número de microorganismos de cada punto siguiendo el método de dilución 10 ml (10^{-1}) de cada frasco con BHI (después de 48 horas de incubación), se homogenizó y se realizó dos diluciones más, se extrajo 1 mL de la muestra y se adiciono a un tubo de ensayo con 9 mL de Caldo peptona (10^{-2}), se homogenizó y se repitió el procedimiento (10^{-3}), de ésta última dilución, se realizó el método de placa vertida, para el cual se extrajo 1 mL de la última dilución y dicha solución es vertida sobre una placa Petri vacía y esterilizada agregando 10 mL de agar Plate Count, se dejó solidificar por unos 10 minutos y se llevó las placas a la estufa a 37°C por 48 horas. Pasado este tiempo se realizó el conteo de microorganismos con ayuda del contador de colonias manual (López, 2012). La fórmula para el conteo de microorganismos (m.o.) utilizada es la siguiente:

$$\frac{\text{Colonias m. o.}}{\text{cm}^3 \text{ de aire}} = \text{Numero de Colonias} * \text{Inoculo de siembra} * \text{Factor de dilucion}$$

Comparación con los estándares de calidad del aire

Una vez identificados y determinados el número de bacterias y hongos presentes en el aire en los puntos evaluados se realizó una comparación con la Norma Europea aprobada mediante el Decreto Real 664/97 (2021) el cual categoriza a los microorganismos en función del grupo de riesgo biológico en los siguientes cuatro grupos:

Agente biológico del grupo 1: aquél que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre.

Agente biológico del grupo 2: aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.

Agente biológico del grupo 3: aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.

Agente biológico del grupo 4: aquél que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz (Decreto Real 664/97, 2014).

Además, se consultó información de investigaciones recientes para describir las posibles enfermedades que podrían causar estos microorganismos.

RESULTADOS

Determinación de colonias bacterianas y fúngicas en la ciudad de Tingo María

A partir del conteo en el laboratorio después de la incubación de las muestras se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 2

Número de colonias bacterianas

Muestras	Bacterias	*Colonias mo/cm ³
MB1	<i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i>	72*10 ³
MB2	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i>	24*10 ³
MB3	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i>	5*10 ³
MB4	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i>	47*10 ³
MB5	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i>	28*10 ³
MB6	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	41*10 ³
MB7	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	52*10 ³
MB8	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	35*10 ³
MB9	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	45*10 ³
MB10	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Enterobacter sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	84*10 ³
MB11	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	24*10 ³
MB12	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	48*10 ³

Nota. *: Colonias de microorganismos por centímetro cúbico

Tabla 3

Numero de colonias fúngicas

Muestras	Hongos	Colonias mo/cm ³
MF1	<i>Rhizopus sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	4*10 ³
MF2	<i>Rhizopus sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	4*10 ³
MF3	<i>Cándida sp.</i> , <i>Monilinia sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	10*10 ³
MF4	<i>Cándida sp.</i> , <i>Monilinia sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	11*10 ³
MF5	<i>Cándida sp.</i> , <i>Monilinia sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	5*10 ³
MF6	<i>Trichophyton tonsurans</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	12*10 ³
MF7	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	34*10 ³
MF8	<i>Rhizopus sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i>	4*10 ³
MF9	<i>Rhizopus sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i>	5*10 ³
MF10	<i>Trichophyton tonsurans</i> , <i>Cándida sp.</i> , <i>Monilinia sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i>	30*10 ³
MF11	<i>Rhizopus sp.</i>	5*10 ³
MF12	<i>Rhizopus sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i>	21*10 ³

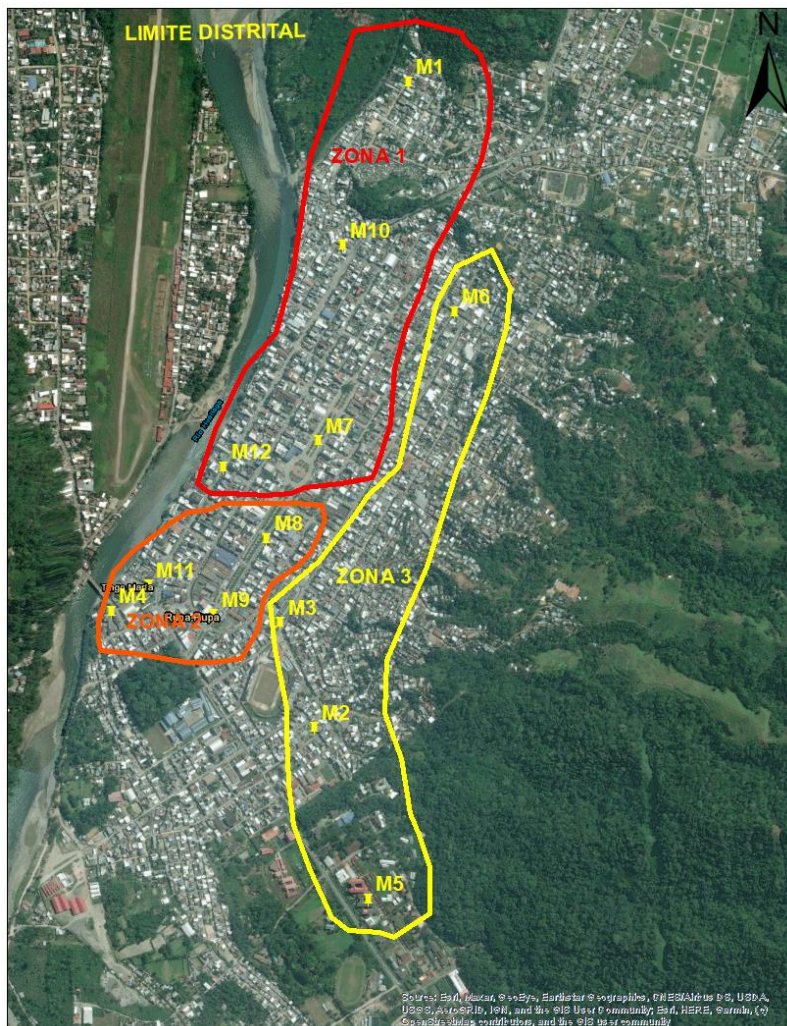
Nota. *: Colonias de microorganismos por centímetro cúbico.

Zonificación las áreas que predominen la contaminación microbiana de la ciudad de Tingo María.

Se realizó una zonificación de las áreas donde se encontró mayor cantidad de colonias de bacterias y hongos según las muestras analizadas como se muestra en el siguiente mapa.

Figura 2

Mapa de zonificación de la contaminación del aire por bacterias y fungi



En este mapa (Figura 2) se puede identificar las zonas con mayor concentración de bacterias y hongos (color rojo) y las zonas con menor presencia de estos microorganismos (color amarillo) esto a partir del conteo de número de colonias en el laboratorio.

Clasificación de los microorganismos patógenos para el hombre y la categoría de riesgo que representan

En la Tabla 4 se categoriza las bacterias encontradas en los 12 puntos muestreados de la ciudad de Tingo María y las posibles enfermedades que estas bacterias patógenas podrían generar de acuerdo a la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos aprobada por Decreto Real 664/97 en año 2014.

Tabla 4

Clasificación de grupo de riesgo de las bacterias patógenas encontradas

Bacteria identificada	Grupo de riesgo según Decreto Real	Enfermedad que provoca
<i>Escherichia coli</i>	2	Infección del tracto urinario, y enfermedad gastrointestinal, disentería
<i>Bacillus sp.</i>	1	Disentería hemorrágica
<i>Streptococcus sp.</i>	2	Infección en la garganta, Escarlatina, Impétigo, Síndrome del shock tóxico, Celulitis y fascitis necrotizante, infecciones de la sangre, neumonía y meningitis en los recién nacidos
<i>Staphylococcus sp.</i>	2	Infecciones cutáneas o mucosas, foliculitis abscesos profundos, meningitis, neumonía, etc.
<i>Enterobacter sp.</i>	2	Infecciones urinarias

Fuente: Decreto real 664/97, 2014.

En la tabla 5 se categoriza los hongos encontrados en los 12 puntos muestreados de la ciudad y las posibles enfermedades que estos hongos patógenos podrían generar de acuerdo a la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos aprobada por Decreto Real 664/97 en año 2014.

Tabla 5

Clasificación de grupo de riesgo de los hongos patógenos

Fungi identificado	Grupo de riesgo según Decreto Real	Enfermedades que provoca
<i>Rizhopus</i>	-	Cigomicetosis
<i>Aspergillus sp.</i>	2	Asma, Neumonitis hipersensitiva (NH) y rinitis alérgicas
<i>Geotrichum sp.</i>	1	Geotricosis
<i>Trichophyton tonsurans</i>	2	Dermatofitosis zoofílica (tiña)
<i>Cándida sp.</i>	2	Paroniquia por Cándida (Candidiasis)
<i>Monilinia</i>	-	Monilia, infecciones.

Fuente: Decreto real 664/97 (2014)

DISCUSION

El número de microorganismos del aire en las zonas pobladas depende de la actividad de esa zona, tanto sea agrícola como también de los seres vivos y la cantidad de polvo. En los resultados obtenidos el número de microorganismos es mayor en los puntos donde hay mayor afluencia de personas y tránsito vehicular.

Las áreas con mayor concentración de microorganismos en los diferentes puntos evaluados como se observa en el mapa la zona más predominante de bacterias se encuentra en el punto M10 (Av. Raymondi Cdra. 10 y Jr. Julio Burga) seguido por el punto M1 (Jr. Miraflores y Jr. Juanjui) cerca al cementerio municipal de Tingo María, seguido por el punto M7 (Plaza de Armas al Ovalo de la Alameda Perú) seguido por los puntos M6, M12, M4, M9, M6, M8, M5, M2, M11 y siendo el punto con menor presencia de bacterias el punto M3 que se encuentra en el Jirón Callao, y las zonas más predominante de hongos fueron el punto M7 (Plaza de Armas al Ovalo de la Alameda Perú) y alrededores, seguido del punto M10 (Av. Raymondi Cdra. 10 y Jr. Julio Burga) y punto M12 (Av. Raymondi Cdra. 2 y Cayumba y Monzón.) y seguido del punto M6, M4, M5, M3, M9, M11, M8, M2 y por último el punto M1 (Jr. Miraflores y Jr. Juanjui) Cementerio.

El mayor crecimiento microbiano reportado en el punto M1, M4 y M10 se debe a que estos lugares existe cierta contaminación ambiental resultando una carga microbiana alta, el punto M1 se encuentra cerca al ex botadero de Tingo María donde se arroja los residuos sólidos a este lugar , que puede llegar estas bacterias por medio de los vientos, el punto M4 se encuentra cerca a la desembocadura de la quebrada aguas verdes que pasa por el asentamiento Brisas del Huallaga, y estas, vierten sus aguas domésticas, residuos sólidos y sus restos fecales directamente a la quebrada y el punto M10 que se encuentra muy cerca de la planta de bombeo del desagüe de Tingo María (SEDA-HUANUCO), es una fuente de microorganismos patógenos, siendo los microorganismos identificados *Escherichia coli*, *Bacillus sp.* y *Streptococcus sp.*

De acuerdo al Decreto Real 664/97 se categorizó a los microorganismos patógenos (bacterias y fungí) identificados en los 12 puntos muestreados, se encontraron que estos generalmente están dentro del grupo 2 de riesgo biológico, lo cual representan agentes patógenos que pueden causar una enfermedad en las personas que transitan en el lugar, aunque es poco probable que se propague a la colectividad y generalmente existe profilaxis o tratamiento eficaz para las enfermedades que provocan siempre que se traten a tiempo.

Una de las bacterias que se encontró en la mayoría de los puntos muestreados es la *Staphylococcus sp.*, la cual según Alonso et al. (2021), indica que es un conocido patógeno, que está asociada con la endocarditis infecciosa, además de cobrar mucha importancia en el ámbito de la medicina por su capacidad para resistir el tratamiento con antibióticos y obstruir la respuesta inmune. Además, Mínguez et al. (2015), indica en su investigación, que el *Staphylococcus aureus* es resistente a la meticilina y que es causante de la artritis séptica infección, que ha aumentado su incidencia en los últimos 10 años.

La *Enterobacter sp.*, fue otra de las bacterias de gran incidencia en esta investigación encontrándose en ocho de los 12 puntos analizados, además de su incidencia esta bacteria es de mucha importancia, ya que según Consuelo Vanegas et al. (2009), indica que esta bacteria es un patógeno oportunista emergente de alto riesgo, y se le atribuye como causante de meningitis grave y enterocolitis necrosante produciendo mayores daños en la población infantil.

La *Escherichia coli* es otro de los patógenos que fueron identificados y que puede llegar a afectar la salud de las personas, es así que el College of Veterinary Medicine Iowa State University, (2010), menciona que los signos clínicos después de infectarse con esta bacteria son diarrea acuosa, colitis hemorrágica y/o síndrome urémico hemolítico cuando esta bacteria evoluciona a colitis hemorrágica, esta se caracteriza por presentar diarrea con sangre profusa y visible, acompañada de distensión abdominal y, en muchos casos, espasmos abdominales. La colitis grave puede provocar necrosis intestinal, perforación o el desarrollo de estenosis en el colon.

Según Bottone (2010), indica que los *Bacillus sp.*, son bacterias que en el tracto gastrointestinal (intestino delgado) producen y secretan una enterotoxina proteica que inducen un síndrome diarreico.

Otra de las bacterias identificadas en los puntos analizado fue *Streptococcus sp.*, los cuales según Cunningham (2010), indica que estos generan infecciones graves e invasivas en la piel y los tejidos blandos, las cuales son los *streptococcus sp.*, del grupo A, que generan síndrome de Shock Tóxico estreptocócico y bacteriemia.

Dentro del grupo de los hongos, el que se encontró con mayor frecuencia en los puntos muestreados fue el *Geotrichum sp.*, identificados en ocho puntos muestreados. Según Pemán & Quindós (2016), el *G. candidum*, generalmente forman parte del microbiota de la piel y de las mucosas y ocasionan micosis invasoras graves, con una mortalidad del 40-80% en pacientes con inmunodeficiencia profunda, de forma especial en pacientes con neoplasias hematológicas o aquellos infectados por el VIH.

El hongo *Rizhopus sp.*, también fue encontrado con bastante frecuencia dentro de los puntos analizados, sin embargo, este no representa un peligro potencial a la salud de las personas ya que como menciona Oliveira et al. (2010) “los hongos del género *Rizhopus* son especialmente adecuados para las fermentaciones en estado sólido, ya que producen proteínas altamente digestibles y ninguna sustancia tóxica”

El *Trichophyton tonsurans* es un hongo filamentoso que también fue identificado en las muestras analizadas, este produce generalmente en el hombre dermatofitosis. Koehler et al., (2021) menciona que las dermatofitosis, se denominan tiñas, y dependiendo de la localización de las lesiones pueden ser tinea corporis (tronco, brazos y piernas), tinea capitis (cuero cabelludo) o tinea pedis (pie). Las onicomiosis causadas por estos hongos filamentosos producen lesiones que afectan a las uñas, y es la enfermedad ungueal más frecuente entre los adultos.

El *Aspergillus sp.*, es un hongo de mucha importancia en la salud de las personas como Meliani et al. (2022), en su investigación menciona que el *Aspergillus flavus* produce aflatoxinas las cuales son potencialmente cancerígenas y pueden afectar muchos órganos, en particular el hígado y los riñones. Las aflatoxinas son mutagénicas, genotóxicas y

tienen la capacidad de causar defectos de nacimiento; también tienen un efecto inmunosupresor, por lo que pueden reducir la resistencia a los agentes infecciosos.

Dentro de los hongos identificado también se encontró la *Cándida sp.*, el cual como menciona Tsui et al. (2016), la *C. albicans* es uno de los hongos comensales humanos más comúnmente encontrados y adaptables que contribuye a una amplia gama de infecciones, ya que presentan muchos factores de virulencia, los cuales le permiten convertirse en un patógeno tanto mucoso como sistémico, las biopelículas de este hongo, le protegen de factores externos, como los medicamentos contra estos hongos, generando el fracaso de muchos tratamientos.

CONCLUSIONES

Se determinó las colonias bacterianas y fúngicas en la ciudad de Tingo María, encontrándose el mayor número de colonias en la Av. Raymondi cdra. 10 y Jr. Julio Burga (M10) y en la plaza de armas en el ovalo de la Alameda Perú (M7) con concentraciones de colonias de bacterias de $84 \cdot 10^3$ y de $52 \cdot 10^3$ Colonias mo/cm³ y colonias de fungi de $30 \cdot 10^3$ y de $34 \cdot 10^3$ Colonias mo/cm³ respectivamente, hallando más comunes a las especies de *Bacillus* y *Aspergillus* respectivamente en los puntos de muestreo.

Se zonificó las áreas predominantes de contaminación microbiana de bacterias y hongos en la ciudad de Tingo María y se obtuvo mayor predominancia en la Av. Raymondi cdra. 10 y el ovalo de la plaza de armas respectivamente.

Se categorizó los microorganismos patógenos encontrados de acuerdo al grupo de riesgo propuesto por Decreto Real 664/97 encontrándose que en su mayoría pertenecen al grupo de riesgo 2, siendo patógenos que pueden producir enfermedades en las personas sin embargo es poco probable que estos se propaguen a la colectividad teniendo un tratamiento eficaz cuando son tratadas a tiempo; además se describió las enfermedades que estos microorganismos patógenos pueden generar en el hombre.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alonso, B., Pérez-Granda, M. J., Latorre, M. C., Sánchez-Carrillo, C., Bouza, E., Muñoz, P., & Guembe, M. (2021). Production of biofilm by *Staphylococcus aureus*: Association with infective endocarditis? *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 40, 418–422. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2021.03.012>
- Barnett H., and Barry B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. (4th Edición). Amer Phytopathological Society. Pg 240.
- Bottone, E. J. (2010). *Bacillus cereus*, a volatile human pathogen. In *Clinical Microbiology Reviews* (Vol. 23, Issue 2, pp. 382–398). <https://doi.org/10.1128/CMR.00073-09>
- College of Veterinary Medicine Iowa State University. (2010). *E. Coli enterohemorrágica*. <https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/ecoli-es.pdf>
- Consuelo Vanegas, M., Cristina Rugeles, L., & Juliana Martínez, A. (2009). Aislamiento e identificación de *Enterobacter sakazakii* en lactarios de Bogotá, D.C. In *Infectio* (Vol. 13, Issue 1, pp. 36–42). [https://doi.org/10.1016/s0123-9392\(09\)70141-9](https://doi.org/10.1016/s0123-9392(09)70141-9)
- Cunningham, M. W. (2000). *Pathogenesis of Group A Streptococcal Infections* (Vol. 13, Issue 3). <http://cmr.asm.org/>
- DECRETO REAL 664/97. (2014). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos. España. 20-350 p. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-11144-consolidado.pdf>.
- Koehler, A., Ribeiro, A. C., Pagani, D. M., Vettorato, R., Magagnin, C. M., Stopiglia, C. D. O., Heidrich, D., & Scroferneker, M. L. (2021). Molecular identification and antifungal susceptibility of 75 clinical isolates of *Trichophyton* spp. from southern Brazil. *Journal of Medical Mycology*, 31(4). <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2021.101201>
- López, C. 2012. *Protocolos de prácticas de Microbiología Ambiental*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Meliani, H., Makhoulfi, A., Cherif, A., Mahjoubi, M., & Makhoulfi, K. (2022). Biocontrol of toxinogenic *Aspergillus flavus* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* by two rare Saharan actinomycetes strains and LC-ESI/MS-MS profiling of their antimicrobial products. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(6). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103288>
- Mínguez, S., Molinos, S., Mateo, L., Gimenez, M., Mateo, L., Cabello, J., & Olivé, A. (2015). Artritis séptica por *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina en adultos. *Reumatología Clínica*, 11(6), 381–386. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2014.12.009>

- Oliveira, M.S., Kupski, L., Feddern, V., Ciolatti, E., Badiale-Furlong, E., Souza-Soares, L.A., 2010. Physico-chemical characterization of fermented rice bran biomass. *Cyta – J. Food* 8, 229–236.
- OMS. (2015). Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud pública en América latina y el caribe. Washington DC: 23-24 P.
- Pemán, J., & Quindós, G. (2016). Aspectos actuales de las enfermedades invasoras causadas por *Candida* y otros hongos levaduriformes. *Revista Iberoamericana de Micología*, 33(3), 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2015.10.001>
- Ramos, L. (2019). Microorganismos patógenos del aire presentes en las partículas atmosféricas sedimentables de las áreas verdes de Tingo María (abril-junio 2018). Perú, 60-80 p. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1454>. (Acceso abril 2023)
- SENAMHI. (2021). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional. In Ministerio del Ambiente (Vol. 53, Issue 9).
- Tsui, C., Kong, E. F., & Jabra-Rizk, M. A. (2016). Pathogenesis of *Candida albicans* biofilm. In *Pathogens and disease* (Vol. 74, Issue 4, p. ftw018). <https://doi.org/10.1093/femspd/ftw018>