

Microbiological Air Quality in the Via de Evitamiento in Cajamarca 2020

Wendy Muñoz-Borda, Ing¹, Keyla Soberón-Camacho, Ing¹, Marco Sánchez-Peña, Mg^{1,2}, Gladys Licapa-Redolfo, MSc¹

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. wenmo60@gmail.com, marco.sanchez@upn.edu.pe; gladys.licapa@upn.edu.pe

²Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Abstract– It is a fact that microbiological air pollution is a serious problem for the world and increases year after year, which is why the objective was to analyze the microbiological quality of air associated with pollution where fungi and bacteria are present in the city of Cajamarca in the months of January and February, the data presented below determine that the microbiological quality is intermediate with an average of 412 CFU/m³. The monitoring area with the highest presence of microorganisms was point A. On the other hand, it was determined that the microbial concentrations were 412 CFU/m³ during the night, but point A recorded a higher presence with a high level of 906 CFU/m³. However, in Cajamarca fungal contamination was low with 75 CFU/m³ and bacterial contamination was moderate with 337 CFU/m³, identifying bacteria as: Staphylococcus Aureus, Staphylococcus Sp, Bacillus Subtilis, Streptococcus Sp and different fungi such as: Penicillium Sp, Aspergillus and Fusarium, these being harmful to human health. Finally, we conclude that there is no direct relationship between the microbial concentration with humidity, temperature and vehicle traffic on the bypass road in Cajamarca, with the exception of point D, which indicates that there is a direct relationship between microbial concentrations with moisture.

Keywords– Microorganisms, fungi, bacteria, contamination, Cajamarca

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.13>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Calidad Microbiológica del Aire en la Vía de Evitamiento de Cajamarca 2020

Wendy Muñoz-Borda, Ing¹, Keyla Soberón-Camacho, Ing¹, Marco Sánchez-Peña, Mg^{1,2}, Gladys Licapa-Redolfo, MSc¹

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. wenmo60@gmail.com, marco.sanchez@upn.edu.pe; gladys.licapa@upn.edu.pe

²Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Resumen– Es un hecho que la contaminación microbiológica del aire es un problema grave para el mundo y aumenta año tras año, es por ello que se tuvo como objetivo analizar la calidad microbiológica del aire asociada con la contaminación donde están presentes hongos y bacterias en la ciudad de Cajamarca en los meses de enero y febrero, los datos que se presentan a continuación determinan que la calidad microbiológica es intermedia con un promedio de 412 UFC/m³. El área de monitoreo con mayor presencia de microorganismos fue el punto A. Por otro lado, se determinó que las concentraciones microbianas resultaron 412 UFC/m³ durante la noche, pero, el punto A registra mayor presencia con un nivel alto de 906 UFC/m³. Sin embargo, en Cajamarca la contaminación fúngica fue baja con 75 UFC/m³ y la contaminación bacteriana fue moderada con 337 UFC/m³, identificándose las bacterias como: *Staphylococcus Aureus*, *staphylococcus Sp*, *Bacillus Subtilis*, *Streptococcus Sp* y diferentes hongos tales como: *Penicillium Sp*, *Aspergillus* y *Fusarium*, siendo estas perjudiciales para la salud humana. Finalmente, llegamos a la conclusión de que no existe una relación directa entre la concentración microbiana con la humedad, la temperatura y el tráfico de vehículos en la vía de evitamiento en Cajamarca, a excepción del punto D, que indica que existe una relación directa entre las concentraciones microbianas con la humedad.

Palabras clave– Microorganismos, hongos, bacterias, contaminación, Cajamarca

I. INTRODUCCIÓN

Los datos que se presentan a continuación pertenecen al trabajo de tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad Privada del Norte por las autoras Muñoz. W., & Soberón. K. [1].

Existe un grave problema a nivel mundial respecto a la contaminación microbiológica del aire y; en los últimos diez años países como China, Estados Unidos, India, Chile, Brasil, Colombia, Perú y entre otros enfrentan esta problemática. El Ministerio del Ambiente y Agricultura Urbana define a la contaminación atmosférica como: “presencia en la atmósfera de cualquier agente o sustancias (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población y de todos los seres vivos, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. [2].

Pelear et al. en su investigación [3] consideró que el aire

no es un medio en el que los microorganismos puedan desarrollarse, pero contiene bacterias, materia particulada, polvo y gotas, que pueden estar cargadas de microorganismos. La cantidad y el tipo de microorganismos en el aire están determinados en la contaminación ambiental, como las bacterias emitidas por el sistema respiratorio al toser o estornudar y las partículas de polvo que circulan al ser levantadas de la tierra por el viento. Los microorganismos transmitidos por el aire son transportados en las partículas de polvo, en las gotas grandes que quedan suspendidas brevemente y en el núcleo de las gotas que se forman cuando pequeñas gotas se evaporan.

En la troposfera inferior se encuentran un gran número de microorganismos, aunque la atmósfera es un ambiente hostil para ellos. El movimiento del aire representa el mejor camino de dispersión de los microorganismos, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias. Algunos han creado adaptaciones únicas que favorecen su supervivencia y su dispersión en la atmósfera. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar Pernilla [4].

Klanova [5] estableció que la concentración de hongos en ambientes externos por encima de 2000 UFC/m³ puede ser considerada como un factor de riesgo serio para la salud de los ocupantes.

El movimiento del aire y los organismos radica en poner microorganismos en la atmósfera, situarlos sobre partículas de polvo en el aire o en el suelo. Estos resisten y sobreviven en este ambiente. Se dispersan en ambientes interiores y exteriores con ayuda de corrientes de aire, y son encargados de recolectar otros microorganismos de la naturaleza que existen en el medio, como agua, suelo, plantas y el microbiota humano. Asimismo, las actividades industriales, sociales, comerciales, y de tráfico vial promovieron la producción de desechos biológicos, físicos y químicos, liberando material particulado que ayuda a camuflar los microorganismos y su propagación, debido a microorganismos como *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas*, *Aspergillus*, *Fusarium*, etc. alcanzando causar patología, por lo que se han reportado enfermedades que afectan particularmente al tracto respiratorio, como: bronquitis, pulmonía, asma y neumonía las cuales afectan principalmente las vías respiratorias e infecciones cutáneas y en las plantas, se producen toxinas, las cuales generan efectos biológicos y patológicos en los diferentes cultivos, finalmente son capaces de corroer monumentos y edificios, asimismo pueden provocar el deterioro de las fachadas y estructuras [6].

La contaminación microbiológica del aire está generando

una serie de alteraciones en el ambiente y como derivaciones en la salud de la humanidad en todo el mundo y Cajamarca no se aleja de esta realidad puesto que la ciudad está incrementando su crecimiento poblacional y por consiguiente se ha transformado en un foco de contaminación ambiental, siendo los pobladores víctimas de estos microorganismos oportunistas, y un mayor riesgo para las personas inmunocomprometidas quienes son más propensas a ser afectadas por estos microorganismos los cuales pueden ocasionar la muerte.

Hasta el momento no se encontraron estudios realizados sobre la calidad microbiológica del aire en la Ciudad de Cajamarca, por ello existe la necesidad de determinar la calidad microbiológica del aire e identificar como estos microorganismos alteran el medio ambiente y la salud de la población en las principales vías de la ciudad de Cajamarca, así como dejar evidencia sobre la calidad del aire a nuestra comunidad cajamarquina. Ante la falta de información veraz es necesario realizar una investigación que determine la situación en la que se encuentra la calidad microbiológica del aire y las consecuencias que trae consigo a los Cajamarquinos.

En un estudio dirigido por Tinoco, et. al, en la Universidad Peruana Unión identificaron la presencia de microorganismos y determinaron sus características patógenas en la comunidad de estudiantes que se encuentran en contacto con estos, asimismo determinaron la influencia de los factores ambientales en el crecimiento microbiano dentro del área de estudio, realizando tomas de muestras en cinco puntos, durante seis días mediante el método de sedimentación y utilizó los cultivos de Agar Nutritivo para el crecimiento de bacterias (incubación durante 48 horas a 36.5°C) y Agar Sabouraud para el crecimiento de hongos y levaduras (incubación durante 96 horas a 36.5°C) trabajando un total de 80 placas, para la determinación de UFC/m³ utilizando las técnicas microscópicas, por el método de Tinción de Gram y revisiones taxonómicas para la identificación de los microorganismos aislados. Se identificó 369.2 UFC/m³ de bacterias, 275.9 UFC/m³ de levaduras y 254.7 UFC/m³ de hongos, la humedad relativa fue de 83%. Estos resultados fueron comparados con los parámetros establecidos por la OMS determinándose así que el ambiente se encuentra en un nivel de contaminación intermedio (100 a 500 UFC/m³) de 176.8 UFC/m³ de hongos durante los días de estudio. concluyendo que este nivel de contaminación ocasionaría consecuencias patógenas moderadas en los estudiantes, información respaldada por los resultados de la encuesta aplicada que determinaron que el 94% ha padecido algún tipo de enfermedad respiratoria y 18% de estos se enferman cada mes [7].

Por otro lado, Avalos [8], evaluó si existe relación entre el microbiota micótico del aire y la salud de la población del Sector Mampuesto B2, en la ciudad de Trujillo. Con un diseño de investigación No Experimental-Transversal del tipo Correlacional, con muestreo No Probabilístico – Por conveniencia. El método de análisis estadístico fue la prueba de Kendall a un 95% de confianza. Finalmente determinaron concentraciones fúngicas con un valor máximo de 1062 UFC/m³, y se identificó la presencia de posibles alergias como síntomas oculares (52%), síntomas nasales (67%), síntomas de garganta (47%), trastornos respiratorios (23%) y trastornos cutáneos (5%) en las personas evaluadas, sintomatología-provocadas por estos

microorganismos. También se concluye que existe relación entre el microbiota micótico del aire y la salud.

Según Sotelo, los resultados mostraron diferentes colonias de microorganismos por debajo de lo recomendado por la norma española (600 UFC/m³) y dentro del rango de contaminación intermedia del aire (100 a 500 UFC/m³) propuesta por la Organización Mundial de la Salud [9], se concluyó que las condiciones físicas de las aulas son adecuadas para el número de estudiantes en promedio a excepción del aula 206 (IX y X semestre) que permite un aforo por debajo de lo recomendado por las normas nacionales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Descripción del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en un tramo de la vía de evitamiento en la ciudad de Cajamarca.

a) Área de influencia

La delimitación del área de influencia tiene como objetivo determinar los hábitats que pueden verse afectados por la contaminación del aire en la vía de evitamiento, como:

- Identificación de componentes socioambientales en el área y actividades que pueden influir en ellos.
- Se puede considerar que el área de influencia está constituida por la vía de evitamiento y el alcance de los microorganismos patógenos por medio de la temperatura, humedad relativa y la circulación de vehículos.

b) Área de influencia directa

Con una superficie aproximada de 250 m² se encuentra el área donde se ubican las tiendas comerciales, los puestos de comida en medio de la acera y el movimiento de personas y vehículos.

c) Área de influencia indirecta

Determinado por 500 m² del área exterior del proyecto; que cubre áreas urbanas, exactamente afectando a los habitantes y pasantes del barrio San Antonio.

En la figura 1 se detalla el mapa de ubicación del área de estudio y puntos de muestreo.



Figura 1: Ubicación de los puntos de muestreo

Nota: La imagen fue tomada de la tesis de Muñoz W., & Soberón K., [1], Determinación microbiológica de la calidad de aire en la vía de evitamiento en Cajamarca de enero – febrero del año 2020, p.40, 2021.

B. Toma de muestras

La muestra está conformada por el aire de la vía de evitamiento establecida en cinco puntos de monitoreo, los cuales son:

Punto A: Jr. Sta. Teresa de Journet con Av. Vía de evitamiento norte – Esquina de PREUCT.

Punto B: Jr. Zoilo León Ordoñez con Av. Vía de evitamiento norte – Esquina de UPN.

Punto C: Av. Andrés Zevallos con Av. Vía de Evitamiento sur – Frente el Chugurano.

Punto D: Jr. El inca con Av. Vía de evitamiento sur – Puente Amarillo.

Punto E: Av. Atahualpa con Av. Vía de Evitamiento sur – Óvalo Musical.

Para la selección de puntos de muestreos se tuvo en cuenta el Protocolo de calidad de aire [10], donde se aplicó la técnica de muestreador pasivo, el cual es simple y eficaz para determinar la calidad de aire en un área determinada. Este proceso consiste en una difusión molecular a un material absorbente para contaminantes específicos, se recoge una muestra integrada durante un determinado periodo; para aprovechar al máximo esta técnica, el diseño y la supervisión de los procedimientos de garantía y control de la calidad deben estudiarse y supervisarse cuidadosamente durante el análisis de muestras en el laboratorio. El parque automotor de Cajamarca ha crecido en forma significativa y excesiva en los últimos años, siendo así una zona de gran referencia la vía de evitamiento por ser una de las áreas más transcurridas tanto vehicular como peatonal, por ello se selecciona cinco puntos estratégicos para realizar el trabajo de investigación.

C. Toma de muestras

Se utilizó el método de sedimentación para la captación de microorganismos, colocando la tira de agar TSM a un metro del suelo, por 3 días en el turno mañana, tarde y noche en los puntos ya mencionados.

D. Análisis en laboratorio

Las muestras se incubaron a 21° C utilizando la incubadora del laboratorio de la Universidad Privada del Norte para el crecimiento de hongos y bacterias a temperatura promedio anual de la ciudad de Cajamarca, para posteriormente pasar al conteo de colonias de manera visual y también mediante la fórmula de Omeliansky con la finalidad de hallar las unidades formadoras de colonias finalmente se efectuó el aislamiento de colonias y reconocimiento de microorganismos mediante la tinción de Gram, para reconocer las bacterias utilizamos reactivos como lugol, safranina, alcohol acetona y cristal violeta y para hongos mediante su morfología, finalmente se comparó el valor de la unidad formadora de colonias por metro cúbico con el valor determinado por la (Comisión de las Comunidades Europeas [11] muestra que el máximo es 2000 CFU/m³).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Determinación de la calidad microbiológica del aire en la vía de evitamiento de Cajamarca 2020.

Con la finalidad de analizar la calidad microbiológica del aire, se efectuó tres muestreos al día (mañana de 7:00 am – 7:45am, tarde de 12:00 pm – 12:45pm y en la noche 6:00 pm – 6:45 pm) por cada fecha de monitoreo en los meses de enero y febrero del año 2020.

La evaluación de la calidad microbiológica del aire se registró en la tabla 1 considerando la concentración de microorganismos (UFC/m³). En cuanto a los horarios, se observa que por la mañana en todos los puntos el nivel de calidad microbiológica del aire es intermedio, por la tarde, excepto el punto A (Esquina de PREUCT) registra un nivel de calidad microbiológica del aire es bajo, en los demás puntos el nivel de calidad es intermedio; por la noche en los puntos A (Esquina de PREUCT) y E (Óvalo musical) la calidad microbiológica del aire es baja, mientras que en los demás puntos el nivel de calidad microbiológica del aire es intermedia relacionando con el Documento editado en 1993 por la comisión de las Comunidades Europeas (Cost Project 913 Report n°12) (Organización Mundial de Salud) [11].

La calidad del aire en el punto A promediando es baja y en los demás puntos la calidad microbiológica del aire es intermedia. Por último, en la vía de evitamiento de la ciudad de Cajamarca, la calidad microbiológica del aire por la mañana y la tarde es intermedia, mientras que por la noche la calidad microbiológica del aire es baja, en general la calidad microbiológica del aire es intermedia en la zona, comparando con la Tabla 1 según los resultados. Al tener los valores entre intermedio y bajo en la calidad microbiológica presentan riesgos para la salud pública principalmente a las personas que sufren problemas respiratorios, pues aumentan las posibilidades de

desarrollar microorganismos oportunistas.

El estudio de Tinoco et al., [7] coincide con los resultados obtenidos, muestra que un ambiente se encuentra en un nivel de contaminación intermedio con (100 a 500 UFC/m³), además de que ocasiona consecuencias patógenas moderadas en personas inmunocomprometidas.

TABLA I
Nivel De Calidad Del Aire Según La OMS

Punto	Mañana		Tarde		Noche		Promedio	
	UFC/m ³	Nivel de calidad del aire	UFC/m ³	Nivel de calidad del aire	UFC/m ³	Nivel de calidad del aire	UFC/m ³	Nivel de calidad del aire
A	349	Intermedia	833	Baja	1536	Baja	906	Baja
B	198	Intermedia	231	Intermedia	113	Intermedia	181	Intermedia
C	398	Intermedia	264	Intermedia	213	Intermedia	292	Intermedia
D	318	Intermedia	238	Intermedia	269	Intermedia	275	Intermedia
E	462	Intermedia	253	Intermedia	500	Baja	405	Intermedia
Promedio	345	Intermedia	364	Intermedia	526	Baja	412	Intermedia

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 69, 2021.

B. Identificación de la zona de monitoreo con respecto a la temperatura, humedad y tránsito vehicular en la vía de evitamiento de Cajamarca con mayor presencia de microorganismos.

Se observa en la tabla 2, que el resultado del promedio del punto C es el que presenta mayor temperatura (18.5°C), mientras que en el punto E presenta mayor grado de humedad (41.2%) y por donde circulan la mayor cantidad de vehículos (404 vehículos) por cada 15 minutos, en tanto el punto A es el que presenta mayor número de microorganismos (906 UFC/m³) con menor temperatura (16.7°C) en los días de muestreo. Considerando todos los datos se puede afirmar que en promedio en la vía de evitamiento la temperatura es de 17.4%, la humedad es de 37.4% y por cada 15 minutos circulan 284 vehículos.

Resultados obtenidos por De La Rosa et al. [12], coincide con la investigación pues la humedad del aire decrece, disminuye el agua disponible para los microorganismos, lo que causa deshidratación y por tanto la inactivación de muchos de ellos.

TABLA II

Resultados De Promedio De Temperatura, Humedad, Tránsito Vehículos Y Microorganismos De Los Puntos De Monitoreo.

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Conteo de vehículos (N°)	Microorganismos (UFC/m ³)
A (Esquina de PREUCT)	16.7	32.1	261	906
B (Esquina de UPN)	17.0	37.2	270	181
C (Frente al Chugurano)	18.5	39.0	230	292
D (Puente amarillo)	16.6	37.7	254	275
E (Óvalo musical)	18.4	41.2	404	405
Promedio vía de evitamiento	17.4	37.4	284	412

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 55, 2021.

C. Determinación del horario y de la concentración de microorganismos en el aire.

Los resultados de la concentración de microorganismos (UFC/m³) se muestra en la tabla 3 en los cinco puntos de

monitoreo se puede observar que por la mañana existe mayor concentración de microorganismos en el punto E y menor concentración de microorganismos en el punto B, Por la tarde existe mayor concentración de microorganismos en el punto A y menor concentración de microorganismos en el punto B. Y por la noche existe mayor concentración de microorganismos en el punto A y menor concentración de microorganismos en el punto B.

En promedio el punto A presenta mayor concentración de microorganismos y menor concentración de microorganismos en el punto B. En general en la vía de evitamiento existe mayor concentración de microorganismos por la noche. Finalmente, en la vía de evitamiento hay 412 UFC/m³ por cada 15 minutos de permanencia en la zona.

En la Vía de Evitamiento en Cajamarca el desarrollo de bacterias y hongos varían puesto que estos van a depender de la forma, tamaño y peso del microorganismo y de la existencia y potencia de las corrientes aéreas que los sostengan y los eleven a alturas significativas, sin embargo, permite la sedimentación o precipitación la presencia de obstáculos que permiten la disminución de la velocidad por tanto del movimiento [9].

Investigación realizada por Cruz & Jiménez, [13] coincide con que la mayoría de las bacterias que se encuentran en la atmósfera provienen de la vegetación, suelo y cuerpos de agua, y en menor medida de las actividades antropogénicas; su supervivencia y distribución están dadas por factores biológicos, meteorológicos (viento, radiación solar, temperatura y humedad relativa). Las actividades antropogénicas, como tráfico vehicular, plantas de tratamiento de aguas residuales, movimiento de animales en suelos expuestos y alta densidad de población entre otros, liberan una gran cantidad de bacterias a la atmósfera, produciendo la contaminación.

TABLA III

Concentración De Microorganismos En El Aire De Los Puntos De Monitoreo Por Horario

Puntos de Monitoreos	Mañana	Tarde	Noche	Promedio
	UFC/m ³	UFC/m ³	UFC/m ³	UFC/m ³
A (Esquina de PREUCT)	349	833	1536	906
B (Esquina de UPN)	198	231	113	181
C (Frente al Chugurano)	398	264	213	292
D (Puente amarillo)	318	238	269	275
E (Óvalo musical)	462	253	500	405
Promedio vía de evitamiento	345	364	526	412

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 53, 2021.

D. Determinación del nivel de concentración por bacterias en la vía de Evitamiento en Cajamarca.

La evaluación del nivel de contaminación del aire se presenta en la tabla 4, por bacterias en la vía de evitamiento (UFC/m³) en los cinco puntos de monitoreo. Observándose que por la mañana en todos los puntos el nivel de contaminación de bacterias es intermedia, por la tarde el punto A se observa que el nivel de contaminación por bacterias es alto y en los demás puntos el nivel es intermedio, por la noche en el punto A el nivel

de contaminación es alto, a diferencia del punto B que es bajo y en los demás puntos el nivel de contaminación por bacterias es intermedio. Por otro lado, en promedio el punto A presenta un nivel de contaminación alto, en comparación a los demás puntos donde en promedio el nivel de contaminación es intermedio. Además, se muestra que en general en la vía de evitamiento de la ciudad de Cajamarca el nivel de contaminación del aire por bacterias es intermedia.

Resultados del estudio de Cruz & Jiménez, [13], muestran la identificación de *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (especies bacterianas) en un nivel intermedio de contaminación, las cuales halladas en este nivel de concentración son de importancia patógena en personas inmunocomprometidas y causar infección en diferentes sistemas del cuerpo, como es el caso de *E. coli*, *Proteus sp*, *Klebsiella sp*.

Estas bacterias, como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium botulinum* y *Bacillus anthracis* provocan enfermedades en los humanos [14]. Las bacterias encontradas en la investigación se pueden observar en la tabla V.

E. *Evaluación De Nivel De Contaminación Por Concentración de Bacterias y Hongos en el aire en la Vía De Evitamiento De Cajamarca.*

TABLA IV

Evaluación Del Nivel De Contaminación Por Concentración De Bacterias En El Aire En La Vía De Evitamiento De Cajamarca.

Punto	Mañana		Tarde		Noche		Promedio	
	UFC/m ³	Nivel de contaminación	UFC/m ³	Nivel de contaminación	UFC/m ³	Nivel de contaminación	UFC/m ³	Nivel de contaminación
A	291	Intermedia	529	Alta	1431	Alta	750	Alta
B	136	Intermedia	176	Intermedia	64	Baja	125	Intermedia
C	320	Intermedia	224	Intermedia	151	Intermedia	232	Intermedia
D	280	Intermedia	182	Intermedia	220	Intermedia	227	Intermedia
E	411	Intermedia	218	Intermedia	424	Intermedia	351	Intermedia
Promedio de la vía de evitamiento							337	Intermedia

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 60, 2021.

TABLA V

Bacterias Encontradas En El Muestreo.

DOMINIO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO/ESPECIE
BACTERIAS	<i>Firmicutes</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Bacillales</i>	<i>Staphylococcaceae</i>	<i>Staphylococcus Aureus</i>
					<i>Staphylococcus Sp</i>
				<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus Subtilis</i>
			<i>Lactobacillales</i>	<i>Streptococcaceae</i>	<i>Streptococcus Sp</i>

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 78, 2021.

F. *Evaluación De Nivel De Contaminación Por Concentración De Hongos En El Aire.*

En la tabla VI se muestra el nivel de contaminación del

aire por concentración de hongos (UFC/m³), en los cinco puntos de monitoreo de la vía de evitamiento norte en Cajamarca, se puede apreciar que por la mañana el nivel de contaminación del aire por hongos en todos los puntos es bajo, por la tarde en el punto A el nivel de contaminación es intermedio, mientras que en los demás puntos el nivel de contaminación por hongos es bajo; por la noche el punto A presenta un nivel de contaminación intermedio y en los demás puntos el nivel de contaminación es bajo.

Promediando el punto donde se presenta mayor nivel de contaminación del aire por hongos es el punto A con un nivel intermedio, mientras que en los demás puntos el nivel de contaminación es bajo, además no existe ningún punto donde el nivel de contaminación sea alto o muy alto. Por otro lado, el nivel de contaminación del aire por hongos en la vía de evitamiento de la ciudad de Cajamarca es baja.

La investigación de Avalos [8] concuerda con los resultados obtenidos pues encontró concentraciones fúngicas con un valor máximo de 1062 UFC/m³, y se identificó la presencia de posibles alergias como síntomas, nasales, de garganta, respiratorios en personas inmunocomprometidas. Se concluyó que existe relación entre el microbiota micótico del aire y la salud.

Los hongos encontrados en nuestro estudio son las que se puede observar en la tabla VII.

TABLA VI

Evaluación Del Nivel De Contaminación Por Concentración De Hongos En El Aire En La Vía De Evitamiento De Cajamarca.

Punto	Mañana		Tarde		Noche		Promedio	
	UFC/m ³	Nivel de contaminación	UFC/m ³	Nivel de contaminación	UFC/m ³	Nivel de contaminación	UFC/m ³	Nivel de contaminación
A (Esquina de PREUCT)	58	Baja	304	Intermedia	104	Intermedia	156	Intermedia
B (Esquina de UPN)	62	Baja	56	Baja	49	Baja	56	Baja
C (Frente a Chugurano)	78	Baja	40	Baja	62	Baja	60	Baja
D (Puente amarillo)	38	Baja	56	Baja	49	Baja	47	Baja
E (Oval musical)	51	Baja	36	Baja	76	Baja	54	Baja
Promedio de la vía de evitamiento							75	75

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 65, 2021.

TABLA VII

Hongos Encontradas En El Muestreo.

DOMINIO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO/ESPECIE
HONGOS	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	Trichocomaceae	Penicillium Sp
					Aspergillus
		Sordariomycetes	Hypocreales	Nectriaceae	Fusarium

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 81, 2021.

G. *Relación entre la concentración de microorganismos con respecto a la humedad, temperatura y tránsito vehicular en la vía de evitamiento en la ciudad de Cajamarca.*

Se observa en la tabla 8, al correlacionar la concentración de microorganismos de los diferentes puntos de muestreo de la vía de evitamiento de la ciudad de Cajamarca con la temperatura (nivel de significancia, 0.576), humedad (nivel de significancia, 0.564) y tránsito vehicular (nivel de significancia, 0.595) se

encontró que en todos los casos el nivel de significancia es mayor a 0.05, por lo tanto, no existe una relación significativa entre las variables en los diferentes puntos, con excepción del punto D, donde la concentración de microorganismos tiene relación con la humedad (significancia de $0.040 < 0.05$), por lo tanto, el coeficiente de Pearson (0.0689) es válido e indica una relación directa de nivel medio.

Estos resultados concuerdan con Caro et al., [15] que en su estudio encontró la existencia de una relación directa en concentración de microorganismos con la humedad por encima mostrado que una humedad por encima del 40 % mantiene condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de microorganismos, especialmente promueve la germinación y crecimiento de hongos como *Penicillium sp.* y *Aspergillus sp.*

Asimismo, Bonifaz [16], demostró que las temperaturas elevadas son un medio de crecimiento y supervivencia de microorganismos algunos se adaptan a cambios para lograr exposiciones ambientales más prolongadas, el cual concuerda con la investigación pues a temperaturas bajas no se relaciona directamente con la concentración de microorganismos.

Por lo contrario, estos resultados contradicen con Fula & Rey [17], el cual muestra que el aerotransporte es el principal medio de propagación de los microorganismos, así su supervivencia se ve favorecida por la mezcla rápida del aire.

TABLA VIII

Relación Entre La Concentración De Microorganismos Y La Humedad, En La Vía De Evitamiento Norte De Cajamarca

		Concentración de microorganismos				
		Punto A	Punto B	Punto C	Punto D	Punto E
Temperatura	Correlación de Pearson	0.088	0.389	-0.420	-0.325	-0.560
	Sig. (bilateral)	0.822	0.300	0.261	0.393	0.117
Humedad	Correlación de Pearson	0.333	-0.663	0.580	.689*	0.451
	Sig. (bilateral)	0.381	0.051	0.102	0.040	0.223
Tránsito vehicular	Correlación de Pearson	0.462	0.460	-0.578	-0.292	-0.025
	Sig. (bilateral)	0.211	0.213	0.103	0.446	0.949

Fuente: tomada de por Muñoz W., & Soberón K., [1], pp. 67, 2021.

IV. CONCLUSIONES

En conclusión, se determinó que la calidad microbiológica del aire en la vía de evitamiento en la ciudad de Cajamarca entre los meses de enero-febrero del año del 2020 es intermedia con un nivel de 412 UFC/m³, no obstante, el Punto A (esquina de PRE-UCT) muestra un nivel de calidad bajo con 906 UFC/m³. La zona de monitoreo con mayor presencia de microorganismos fue el punto A (esquina de PRE-UCT) de la vía de evitamiento en la ciudad de Cajamarca.

También se concluye que la concentración de microorganismos en el aire de los puntos de monitoreo de los meses de enero y febrero del año 2020 que se desarrolló en la vía de evitamiento de Cajamarca fue en el turno noche con un nivel intermedio de 412 UFC/m³, sin embargo, el punto A (esquina de PRE UCT) es el punto con mayor presencia mostrando un nivel

alto de 906 UFC/m³.

Además, se determinó el nivel de contaminación por hongos es baja con un nivel de 75 UFC/m³, y el nivel de contaminación de bacterias es intermedia con 337 UFC/m³, en la vía de evitamiento en la ciudad de Cajamarca.

Existe una relación entre la concentración de microorganismos con la humedad, temperatura y tránsito vehicular en la vía de evitamiento en la ciudad de Cajamarca, es una relación inversa por lo tanto no existe una relación significativa entre las variables de estudio excepto el punto D, el cual muestra que existe una relación directa entre la concentración de microorganismos con la humedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca por brindar su apoyo académico para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Muñoz, W., & Soberón, K. Determinación microbiológica de la calidad del aire en la vía de evitamiento en Cajamarca de enero – febrero del año 2020. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2021.
- [2] Ministerio Agrourbano. Contaminación Atmosférica. 2007, pp. 1-2.
- [3] Peleazar, M., Chan, E., Krieg, N. Microbiology; concepts and applications. New York. 2014.
- [4] Pemilla, L. Determinación y comparación de la carga fúngica y bacteriana suspendida en el aire de 3 laboratorios microbiológicos ubicados en diferentes zonas del departamento de Guatemala. Guatemala, 2013.
- [5] Klanova, K. The concentrations of mixed populations of fungi in indoor air; rooms with and without mould problems, rooms with and without health complaints. New York, 2015.
- [6] Méndez, C., Camacho, J., & Echeverry S. Identificación de Bacterias y Hongos en el Aire de Neiva. Revista de Salud Pública Colombia, 2015, pp. 728-737.
- [7] Ticono, J., Carhuaz, M., Flores, D., & Álvarez, J. Determinación del crecimiento microbiológico por factores ambientales y la repercusión en la salud de la comunidad estudiantil en la biblioteca de la Universidad Peruana la Unión. Ciencia Tecnología y desarrollo, 2016, pp. 33-38.
- [8] Avalos, D. Relación del microbiota micótico del aire y la salud de la población del sector mampuesto b.2-el porvenir, 2017. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- [9] Sotelo, B. Calidad microbiológica del aire en las aulas de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú durante el semestre 2018-I. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2018.
- [10] Digesa. Protocolo de monitoreo de la calidad de aire y gestión de los datos. Perú. 2005. [Online]. Available: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consult_a/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf.
- [11] Comisión de las Comunidades Europeas. Libro Verde, 2001. Obtenido de Publications Office of the EU: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/859b1f78-ea84-44a1-a045-c230c2283e9e>

- [12] De La Rosa, M., Mosso, M., & Ullán C. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. España: Observatorio Medio Ambiental, 2015.
- [13] Cruz, A., & Jiménez, A. Evaluación de la Contaminación del Aire por Microorganismos Oportunistas y su Relación con el Material Particulado (PM10). Colombia: Universidad de Salle, 2012.
- [14] Manahan, S. Introducción a la química ambiental. México: Revertéa, 2017.
- [15] Caro, P., Daza, M., & Diana, M. Contaminación Microbiológica del aire al interior y el síndrome del edificio enfermo. Barranquilla: Biociencias, 2015.
- [16] Bonifaz, A. Micología Medica Básica. Ciudad de México: Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736, 2012.
- [17] Fula, Y., & Rey, I. Evaluación de la contaminación de aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Arana. Bogotá: Universidad de la Salle, 2013.