

# Evaluation of the microbiological quality of the air in the area of influence of the Cajamarca solid waste treatment plant

Luis Mendoza, Ing.<sup>1,2\*</sup>; Luz Jambo, Ing.<sup>1</sup>; Marco Sánchez, Mg. Blgo.<sup>1</sup> Magda Velásquez Marín Ing. Mg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. [alfredo.sanchez@upn.edu.pe](mailto:alfredo.sanchez@upn.edu.pe).  
[luis.mendoza.ch21@gmail.com](mailto:luis.mendoza.ch21@gmail.com).

*Abstract– The objective of this work was to determine the microbiological quality of the air in the area of influence of the solid waste treatment plant of Cajamarca in the month of September 2018 and in the month of March 2019; in order to demonstrate if there is microbiological contamination. Obtaining a general average of 2 408 UFC/m<sup>3</sup> as a result of the monitoring in September 2018 and in March 2019 a general average of 1 472 UFC/m<sup>3</sup> was obtained. According to the values obtained only in the month of September, it exceeds the quality standard proposed by the Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2,001), which establishes a limit of 2,000 CFU / 3<sup>3</sup>.*

**Key words:** Air Pollution, Microbiological Quality, Colony Forming Units.

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.489>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

# Evaluación de la calidad microbiológica del aire en el área de influencia de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca

Luis Mendoza, Ing.<sup>1,2\*</sup>; Luz Jambo, Ing.<sup>1</sup>; Marco Sánchez, Mg. Blgo.<sup>1</sup> Magda Velásquez Marín Ing. Mg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. [alfredo.sanchez@upn.edu.pe](mailto:alfredo.sanchez@upn.edu.pe).  
[luis.mendoza.ch21@gmail.com](mailto:luis.mendoza.ch21@gmail.com).

**Resumen**– El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad microbiológica del aire en el área de influencia de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca en el mes de septiembre del 2 018 y en el mes de marzo del 2 019; con la finalidad de demostrar si existe contaminación microbiológica. Obteniendo como resultado del monitoreo en el mes de septiembre del 2 018 un promedio general de 2 408 UFC/m<sup>3</sup> y en el mes de marzo del 2 019 se obtuvo un promedio general de 1 472 UFC/m<sup>3</sup>. De acuerdo, a los valores obtenidos solamente en el mes de septiembre sobrepasa el estándar de calidad propuesto por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, 2 001) que establece un límite de 2 000 UFC/m<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** Contaminación de Aire, calidad microbiológica, unidades formadoras de colonias (UFC).

**Abstract-** The objective of this work was to determine the microbiological quality of the air in the area of influence of the solid waste treatment plant of Cajamarca in the month of September 2 018 and in the month of March 2 019; in order to demonstrate whether there is microbiological contamination. We obtained a general average of 2 408 UFC/m<sup>3</sup> as a result of the monitoring in September 2 018 and a general average of 1 472 UFC/m<sup>3</sup> in March 2 019. According to the values obtained only in the month of September, it exceeds the quality standard proposed by the Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2,001), which establishes a limit of 2,000 CFU/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Air Pollution, microbiological quality, colony forming units (UFC).

## I. INTRODUCCIÓN

La sobrepoblación, la actividad humana y el consumismo han aumentado la cantidad de residuos sólidos que se generan a diario, el ineficiente manejo que se hacen con estos genera problemas ambientales, sociales y políticos [1].

En el mes de junio del año 2 009 se inauguró la planta de tratamiento de residuos sólidos en la ciudad Cajamarca, la cual incumple con la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Reglamentado en el Decreto Supremo N° 014-2 017-MINAM. En la actualidad, en dicha planta no se procesan los residuos orgánicos para realizar compost, no cuenta con el proceso de segregación de residuos sólidos, entre otras cosas. Por tanto, dicha planta de tratamiento solo cumple la función de un relleno sanitario. En nuestro país, existen solamente doce rellenos sanitarios para una población que supera los treinta millones de habitantes, lo que demuestra que existen graves problemas estructurales [2]. Así, por ejemplo,

plazos para obtener la aprobación de los instrumentos de gestión ambiental y las autorizaciones de funcionamiento de la infraestructura de residuos sólidos no son los idóneos.

La inadecuada disposición de residuos sólidos a nivel nacional es un problema ambiental grave, por el incorrecto control de lixiviados, cobertura deficiente de los residuos dispuestos a cielo abierto, carente capa protectora del suelo. Esto genera impactos a la calidad del agua, aire y suelo, poniendo en riesgo la salud de las personas, ya que favorecen a la reproducción de roedores, insectos, microorganismos patógenos y otros transmisores de enfermedades [3]. La perturbación de un ecosistema se origina de tres formas: por introducción de materia o energía, por extracción de materia o energía y por la alteración mecánica in situ.

Los microorganismos dispersos por el aire tienen importancia biológica y económica. Producen enfermedades en plantas, animales y humanos, causan alteración de alimentos y materiales orgánicos y contribuyen al deterioro y corrosión de monumentos y metales [4].

Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. Algunos han creado adaptaciones especializadas 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 [5].

En general, los contaminantes presentes en el aire del ambiente penetran en el organismo por inhalación y por tanto afectan inicialmente al tracto respiratorio, pudiendo también ser absorbidos y afectar a otros órganos o acumularse en distintos tejidos. Asimismo, puede haber contaminantes que provoquen irritación en los ojos o que generen problemas dérmicos (erupciones y picores). Los efectos sobre el tracto respiratorio son: la irritación de nariz, garganta y bronquios, con posibilidad de provocar cambios en la reactividad bronquial, o liberación de un mediador inducida por alérgenos que conducen a la aparición de rinitis, asma o neumonitis hipersensitivas [6].

Sabemos que la contaminación microbiológica es un tipo de alteración al ambiente; es, además, un problema que está presente a nivel mundial y Cajamarca no es ajena a esta realidad debido a que es una ciudad en constante crecimiento poblacional, y con ello la contaminación se ha convertido en un grave problema ambiental.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.4:9>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Para afirmar esto es necesario determinar la calidad microbiológica ambiental, en este caso se determinó en la planta de tratamiento de residuos sólidos y sus alrededores, con la finalidad de identificar microorganismos, como bacterias y hongos, que pueden afectar la salud de los trabajadores y pobladores del caserío de San José de Canay (población que está dentro de la área de influencia indirecta), ya que los contaminantes microbianos pueden provocar enfermedades infecciosas en la población. Los síntomas se relacionan con una deficiente calidad del aire, los cuales son: dolor de cabeza, mareos, náuseas, fatiga, piel seca, irritación de ojos, congestión de senos nasales, etc. Asimismo, el estudio propone brindar información relevante de control epidemiológico del área de influencia directa e indirecta de la planta, para que el gobierno local brinde las medidas de seguridad y salud ocupacional a los trabajadores, y establezca las medidas de mitigación y control ambiental para los pobladores del caserío de San José de Canay. Al no tener información oficial de la calidad microbiológica ambiental de la planta de tratamiento de residuos sólidos y sus alrededores, es indispensable realizar estudios aerobiológicos, que determinen los niveles de contaminación microbiológica del aire, así como la influencia que ejercen en la salud, el nivel de riesgo que implican y la importancia de prestar atención a la necesidad de contar con un manual de normas de bioseguridad, basadas en la realidad de cada institución.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. *Muestreo microbiológico de aire*

Las muestras de aire fueron tomadas durante el horario de actividad de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca. Se tomaron tres muestras microbiológicas mediante el uso del muestreador microbiológico de aire RCS Standard Hycon [14] en el transcurso del día (Mañana, tarde y noche), en cinco estaciones de muestreos seleccionados, realizándose tres repeticiones en cada estación, en tres días diferentes; esto se realizó en el mes de septiembre del 2018 y en el mes de marzo del 2019. Se seleccionaron los meses de marzo (época de lluvia) y septiembre (época de estiaje) para poder abarcar las dos estaciones representativas de año. Se determinaron 5 estaciones de muestreo que se codificaron como E-1 a E-5. El equipo fue colocado a 1 metro de altura sobre un trípode evitando interferencias como escombros, arboles, etc.

### B. *Medición de viento*

Los datos de velocidad y dirección del viento fueron tomados durante el horario de actividad de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca. La muestra se tomó dejando una hora el equipo en cada estación de muestreo y el equipo se ubicó a 1,5 metros de altura; procedimiento que se repitió durante los días del monitoreo microbiológico.

Se utilizó un anemómetro marca STEREN HER-440 para medir la velocidad del viento y una veleta para ver la dirección del viento. A partir de los datos obtenidos se graficó la rosa de

vientos y se definió la ubicación de las estaciones de muestreo como se observa en la Figura 1.

De acuerdo a los resultados, los vientos predominantes se dirigen hacia el centro poblado de San Jose de Canay.

### C. *Recuento de colonias*

El Recuento de Colonias es un método muy utilizado cuando se necesita determinar el tamaño de la población bacteriana de una muestra. El recuento de microorganismos, en este caso, se basa en que cada uno desarrollará una colonia visible. Pero debido a que una muestra no es totalmente homogénea con respecto a su composición microbiológica, es posible que una colonia se origine de un microorganismo o de cientos de ellos, dando en este último caso un recuento menor del real. También es posible que muchas de los microorganismos presentes en la muestra no puedan crecer en las condiciones elegidas (pH, temperatura, medio de cultivo, tiempo, etc.). En este caso el recuento también será inferior al real. Lo que sí se sabe es que cada colonia observada se formó a partir de por lo menos un microorganismo. Esta es una condición necesaria y suficiente. Entonces la colonia es considerada una unidad formadora de colonia (UFC) a los efectos de los cálculos [7].

### D. *Aislamiento de cepas bacterianas*

Este método consiste en la separación de un determinado microorganismo del resto que le acompañan. Método usado en el laboratorio de microbiología para la transferencia de un microorganismo de un ambiente a otro con la finalidad de su identificación [8].

### E. *Identificación de microorganismos*

Los métodos de identificación que vamos a utilizar son Tinción de Gram e identificación presuntiva por la morfología de las colonias, estas sirven para clasificar al microorganismo dentro de un grupo o taxón ya establecido, con el que tenga la mayor semejanza.[9]. la complejidad de este proceso depende del nivel de precisión o discriminación que se pretende conseguir. Se tuvo en cuenta las especificaciones del medio de cultivo y la asesoría de un microbiólogo.

### F. *Metodología en gabinete*

- Coordinaciones de logística con los encargados de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca para la ejecución del monitoreo.
- Calibración de instrumentos y equipos de muestreo.
- Identificación de las fuentes de contaminación.
- Incubación, conteo e identificación de las muestras microbiológicas recogidas en campo y analizadas en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte.
- Discusión de resultados y conclusiones.
- Elaboración de informe.

### G. Metodología en campo

- Reconocimiento de las instalaciones y facilidades para la ejecución del monitoreo.
- Los equipos de muestreo se colocaron de acuerdo al área de influencia directa e indirecta de la planta de tratamiento de residuos sólidos, teniendo en cuenta la dirección del viento horaria (mañana, tarde y noches). Ver figura 1. Plano de ubicación de estaciones de muestreo.
- Ubicación de los puntos de muestreo.
- Toma de muestras y mediciones de campo.
- Conservación y traslado de muestras al laboratorio.

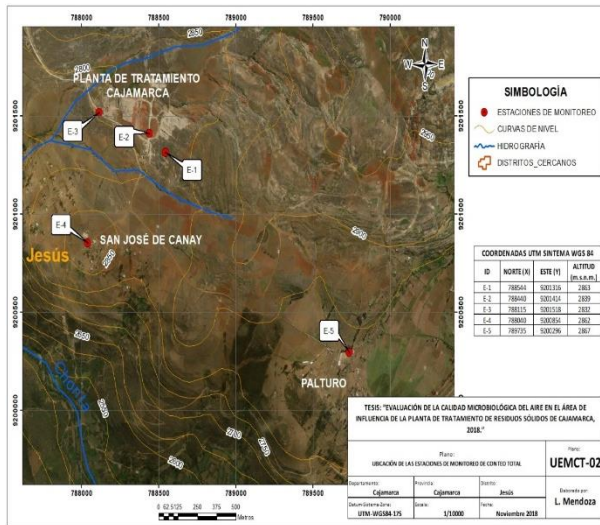


Fig 1. Plano de ubicación de estaciones de muestreo.

### H. Metodología de monitoreo

#### a. Monitoreo del viento

- El equipo estuvo ubicado en la parte más alta de la planta de tratamiento de residuos sólidos para que las mediciones no fueran afectadas por superficies como paredes, objetos, infraestructuras, etc.
- Se colocó una veleta de viento encima del trípode a 1.5 metros sobre el suelo.
- Se colocó el anemómetro STEREN HER-440 en el trípode de sujeción a 1.5 metros sobre el suelo.

#### b. Monitoreo microbiológico

- El equipo estuvo alejado de superficies que puedan afectar a la toma de muestra (paredes, techo, objetos, etc.).
- El operador se alejó del equipo después de introducir las tiras que contenían el medio de cultivo.
- Durante los días de muestreo las condiciones meteorológicas fueron estables.
- Se colocó el muestreador microbiológico de aire RCS Standard marca Hycon, en el trípode de sujeción a 1 metro sobre el piso.
- El muestreador se ubicó a sotavento.
- El equipo se programó para realizar el muestreo en un tiempo de 4 minutos, a 160 litros por muestra tomada.

- Se introdujo las tiras con el medio de cultivo al muestreador microbiológico de aire, manteniendo condiciones asépticas con un mechero prendido, para así evitar la alteración de la muestra.
- Luego del muestreo cada tira de agar TC [14] es sellada y conservada en un cooler a 8°C con la ayuda de gel refrigerante, posteriormente transportada para su incubación.

### I. Incubación de las muestras microbiológicas

- Primero se analizó la ficha técnica de las Tiras de Agar TC Hycon 1442530050 ya que, en esta se indica el periodo de incubación de acuerdo al grupo de microorganismos.
- Retiramos las muestras microbiológicas del cooler para introducir las a la incubadora a 35°C por tres días.

### J. Conteo de Colonias

- Transcurridos los tres días de incubación las muestras son retiradas para realizar el conteo de colonias.
- Las tiras de agar TC cuentan con 34 cuadrículas, se contaron las colonias en 8 cuadrículas por tira.
- Se sacó un promedio de colonias por cuadrícula.
- A este resultado se le multiplica por 34 ya que es el total de cuadrículas.
- El resultado que hallamos son las UFC presentes en el aire por cada tira de agar TC.
- El valor corregido de los microorganismos presentes en el aire de cada muestra se convierte a unidades formadoras de colonias por metro cúbico (UFC/m<sup>3</sup>) aplicando la siguiente ecuación de conversión:

$$\left(\frac{\text{UFC}}{\text{L}}\right) \times \left(\frac{1\ 000\ \text{L}}{1\ \text{m}^3}\right) = \frac{\text{UFC}}{\text{m}^3}$$

### K. Aislamiento e identificación de microorganismos

- De las colonias procedentes de las tiras de agar TC utilizadas, se realizó el aislamiento de las bacterias y hongos para su coloración.
- Después de cada aislamiento de colonia se esterilizó el asa de siembra con el fuego de un mechero para así evitar la contaminación o alteración de cada colonia separada.
- Con la ayuda del asa de siembra se extiende la colonia en el portaobjetos para luego iniciar con el procedimiento de coloración.
- La identificación de las bacterias aisladas se realizó aplicando la tinción de gram al portaobjetos con la muestra, utilizando los reactivos de tinción como: Cristal violeta, lugol, Alcohol acetona y Safranina. Para la coloración de hongos se aplicó azul de metileno y lactofenol. Cada uno de estos reactivos se aplica sobre el portaobjetos que contiene la colonia fijada, por un tiempo determinado.
- Luego se observó con la ayuda del microscopio la morfología de las mismas para su clasificación.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. DETERMINACIÓN DEL TURNO DE MUESTREO DE MÁXIMA CONTAMINACIÓN.

Con el objetivo de seleccionar el turno con mayor contaminación microbiológica en el aire, se realizó tres muestreos al día (mañana de 9:00 am – 11:00 am, tarde de 2:00 pm – 5:00 pm y noche de 7:00 pm - 9:00 pm) por cada fecha de monitoreo en los dos meses de muestreo.

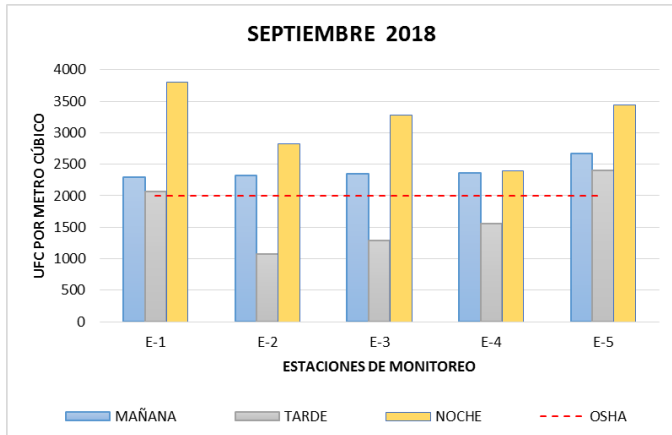


Fig. 2 Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de septiembre del año 2018.

En la Figura 2, se observa la existencia de una variación en la concentración de microorganismos presentes en el aire con respecto a las horas donde se llevó a cabo el monitoreo del mes de septiembre del 2018. Observándose que el 100 % de los puntos muestreados (E-1, E-2, E-3, E-4, E-5), presentaron mayor concentración de colonias emergentes en el turno de la noche. En cambio, en la Figura 3, se observa que para el mes de marzo del 2019 la mayor concentración de microorganismos no ocurre en la noche, observándose que el 60 % de los puntos muestreados (E-2, E-4, E-5), presenta mayor concentración de microorganismos en las muestras de la mañana.

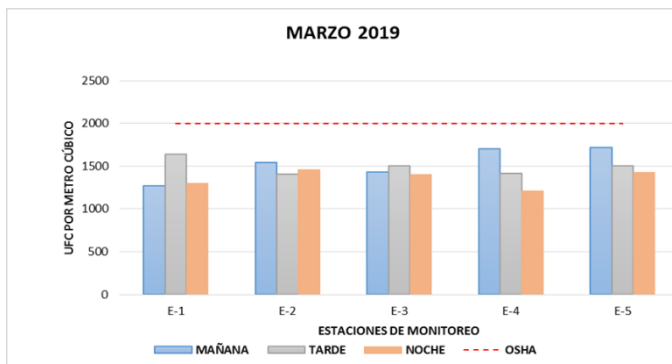


Fig. 3 Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de marzo del año 2018.

Los microorganismos presentes en el ambiente representan un creciente problema en nuestra sociedad actual, como organismos contaminantes del aire, del agua, de superficies de las casas, oficinas, industrias, hospitales y laboratorios. Si bien

la mayoría no son patógenos, pueden comportarse como oportunistas y afectar adversamente a la salud produciendo alergias, infecciones y toxicidad [10]. El riesgo para la salud afecta principalmente al personal que labora en las instalaciones de la planta de tratamiento de residuos sólidos y a los habitantes de las comunidades que residen en las proximidades. En la planta la variación de los microorganismos presente en el aire depende a la época del año, humedad relativa, la velocidad del viento, la temperatura, el microambiente local y la actividad humana. Además, existen registros que demuestran que la liberación de partículas aerotransportables se incrementan en la temporada de estiaje, conforme aumenta la temperatura y la velocidad del viento y se reduce la humedad relativa. Como se observa en la Tabla 1 y Figura 2. [11].

#### B. RELACIÓN ENTRE LA CARGA MICROBIOLÓGICA PRESENTE EN EL AIRE CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA.

TABLA 1  
RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA Y UFC /M<sup>3</sup> EN LOS TRES TURNOS DE MUESTREO EN EL MES DE SEPTIEMBRE DEL 2018

TURNO	Septiembre 2 018						Promedio	
	SAB 01		SAB 15		SAB 29		%H. R	UFC/ m <sup>3</sup>
	%H. R	UFC/ m <sup>3</sup>	%H. R	UFC/ m <sup>3</sup>	%H. R	UFC/ m <sup>3</sup>		
MAÑANA (9:00-11:00)	63.0	<b>2 385</b>	64.0	<b>2 348</b>	61.7	<b>2 460</b>	62.9	<b>2 398</b>
TARDE (14:00-17:00)	26.5	1 530	26.0	1 711	25.5	1 801	26.0	1 681
NOCHE (19:00-21:00)	83.7	<b>3 278</b>	80	<b>3 129</b>	82.3	<b>3 033</b>	82	<b>3 147</b>

Nota: Los valores que se encuentran en negrita son los valores que sobrepasan el estándar de comparación con la Norma OSHA (2 000 UFC/m<sup>3</sup>).

En la Tabla 1, se puede observar los resultados del conteo total de microorganismos presentes en el aire colectada en UFC/m<sup>3</sup> en el mes de septiembre del 2018, obtenidos por turnos en las estaciones de monitoreo. A la misma vez, se ve la relación que hay entre la humedad relativa y los valores de UFC/m<sup>3</sup>. Según los resultados y la Figura 4, se puede apreciar que la mayor humedad relativa fue en el turno noche con un valor de 82 %, donde también hay mayor presencia de microorganismos con un valor de 3 147 UFC/m<sup>3</sup>, esto se debe a que la humedad relativa elevada favorece al crecimiento de los microorganismos, especialmente de aquellos que se encuentran en la superficie.

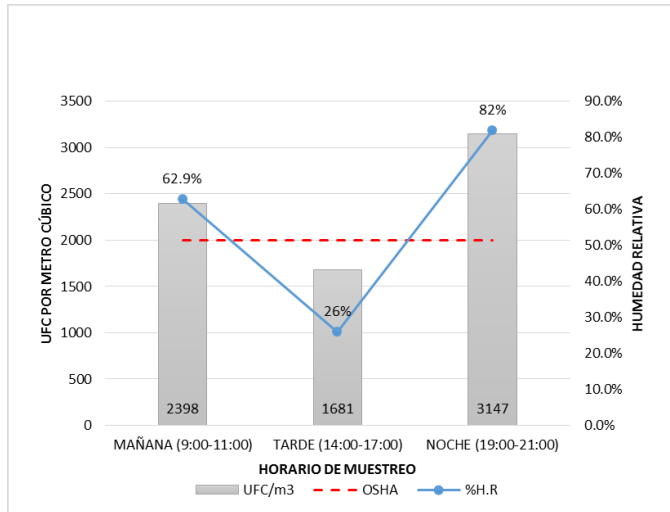


Fig.4 Relación entre el % de humedad relativa y UFC/m<sup>3</sup> en los tres turnos de muestreo del mes de septiembre del 2018.

En el mes de Marzo del 2019 pasa algo inusual, como podemos apreciar en la Tabla 2, el porcentaje de humedad relativa más elevada se da en el turno de la mañana con un valor de 96.7 % donde también hay mayor presencia de microorganismos con un resultado de 1 534 UFC/m<sup>3</sup>. ¿Por qué habiendo mayor humedad relativa que en el mes de septiembre, los valores de UFC/m<sup>3</sup> son inferiores?, esto se debe a que en el mes de marzo en Cajamarca estamos en temporada de lluvias, lo que atenúa la cantidad de partículas en el aire. [4] Afirman: “Que las lluvias causan el lavado del aire el cual termina rápidamente con el proceso de dispersión y disminución de microorganismos en el aire, siendo diez veces más eficiente que la sedimentación y la impactación”.

TABLA 2  
RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA Y UFC/m<sup>3</sup> EN LOS TRES TURNOS DE MUESTREO EN EL MES DE MARZO DEL 2019.

Turno	MARZO							
	Vier. 01		Vier. 15		Vier. 29		Promedio	
	%H. R	UFC/m <sup>3</sup>	%H. R	UFC/m <sup>3</sup>	%H. R	UFC/m <sup>3</sup>	%H. R	UFC/m <sup>3</sup>
Mañana (9:00-11:00)	96.2	1 774	95.6	1 472	98.4	1 355	96.7	1 534
Tarde (14:00-17:00)	49.3	1 291	62.2	1 859	49.2	1 333	53.6	1 495
Noche (19:00-21:00)	86.63	1 280	82.9	1 530	78.2	1 270	82.6	1 360

C. RELACIÓN ENTRE LA CARGA MICROBIOLÓGICA PRESENTE EN EL AIRE DEL CASERÍO SAN JOSÉ DE CANAY (E-4) Y EL CENTRO POBLADO PALTURO (E-5) CON RESPECTO A LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL MES DE SEPTIEMBRE DEL 2018.

TABLA 1

RESULTADOS DEL PROMEDIO DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS POR METRO CÚBICO DE CADA DÍA DE MONITOREO EN LAS ESTACIONES E-4 Y E-5 DEL MES DE SEPTIEMBRE DEL 2018.

Turno	SEPTIEMBRE					
	Vier 01		Vier 15		Vier 29	
	San José de Canay (E-4)	Palturo (E-5)	San José de Canay (E-4)	Palturo (E-5)	San José de Canay (E-4)	Palturo (E-5)
Mañana	<b>2 391</b>	<b>3 002</b>	<b>2 338</b>	<b>2 417</b>	<b>2 338</b>	<b>2 603</b>
Tarde	983	<b>2 364</b>	1 647	<b>2 338</b>	<b>2 045</b>	<b>2 523</b>
Noche	<b>2 338</b>	<b>3 852</b>	<b>2 311</b>	3 081	<b>2 523</b>	<b>3 400</b>
<b>Promedio</b>	1 904	<b>3 073</b>	<b>2 099</b>	<b>2 612</b>	<b>2 302</b>	<b>2 842</b>

Nota: Los valores que se encuentran en negrita son los valores que sobrepasan el estándar de comparación con la Norma OSHA (2 000 UFC/m<sup>3</sup>).

En la Tabla 3, se puede observar los resultados de la concentración de microorganismos presentes en el aire colectada en UFC/m<sup>3</sup> en el mes de septiembre del 2018, obtenidos en las estaciones de monitoreo E-4 y E-5. Según los resultados y la Figura 5, se puede apreciar que en el centro poblado de Palturo (E-5) la concentración de microorganismos es mayor que en el caserío de San José de Canay (E-4), esto se debe a la dirección del viento que va mayormente de Noroeste a Sureste.

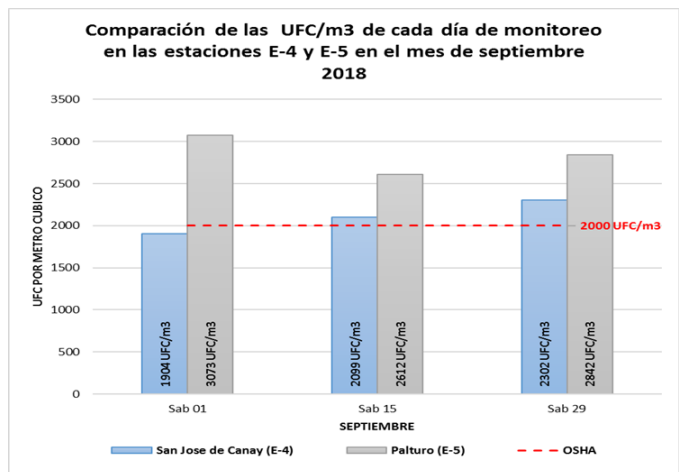


Fig. 5 Comparación de los promedios de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de cada día de monitoreo en las estaciones E-4 y E-5 en el mes de septiembre del 2018.

D. RELACIÓN ENTRE LA CARGA MICROBIOLÓGICA PRESENTE EN EL AIRE DEL CASERÍO SAN JOSÉ DE CANAY (E-4) Y EL CENTRO POBLADO PALTURO (E-5) CON RESPECTO A LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL MES DE MARZO DEL 2019.



**TABLA 4**  
**RESULTADOS DEL PROMEDIO DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS POR METRO CÚBICO DE CADA DÍA DE MONITOREO EN LAS ESTACIONES E-4 Y E-5 DEL MES DE MARZO DEL 2 019**  
**MARZO**

	Vier 01		Vier 15		Vier 29		
	San José de Canay (E-4)	Palturo (E-5)	San José de Canay (E-4)	Palturo (E-5)	San José de Canay (E-4)	Palturo (E-5)	
Turno	Mañana	<b>2 045</b> UFC/ m <sup>3</sup>	1 833 UFC/ m <sup>3</sup>	1 620 UFC/ m <sup>3</sup>	1 727 UFC/ m <sup>3</sup>	1 434 UFC/ m <sup>3</sup>	1 594 UFC/ m <sup>3</sup>
	Tarde	983 UFC/ m <sup>3</sup>	1408 UFC/ m <sup>3</sup>	1 859 UFC/ m <sup>3</sup>	1806 UFC/ m <sup>3</sup>	1 408 UFC/ m <sup>3</sup>	1 302 UFC/ m <sup>3</sup>
	Noche	1 089 UFC/ m <sup>3</sup>	1 673 UFC/ m <sup>3</sup>	1 408 UFC/ m <sup>3</sup>	1461 UFC/ m <sup>3</sup>	1 142 UFC/ m <sup>3</sup>	1 142 UFC/ m <sup>3</sup>
PROMED IO	1 372 UFC/m <sup>3</sup>	1 638 UFC/ m <sup>3</sup>	1 629 UFC/ m <sup>3</sup>	1665 UFC/ m <sup>3</sup>	1 328 UFC/ m <sup>3</sup>	1 346 UFC/ m <sup>3</sup>	

Nota: Los valores que se encuentran en negrita son los valores que sobrepasan el estándar de comparación con la Norma OSHA (2 000 UFC/m<sup>3</sup>).

En la Tabla 4, se puede observar los resultados de la concentración de microorganismos presentes en el aire colectada en UFC/m<sup>3</sup> en el mes de marzo, obtenidos en las estaciones de monitoreo E-4 y E-5. Según los resultados, en la Figura 6, se puede apreciar que en el centro poblado de Palturo (E-5) la concentración de microorganismos es similar a la del caserío de San José de Canay (E-4), esto se debe que la dirección del viento mayormente va de Noreste a Suroeste y transporta a los microorganismos a una zona no poblada. También, podemos apreciar que la concentración de microorganismos es baja con relación a los datos de septiembre (ya que en este mes tuvimos presencia de lluvias, las cuales terminan rápidamente con el proceso de dispersión). En el mes de marzo la dirección del viento no afecta a los habitantes del caserío de San José de Canay y del centro poblado de Palturo.

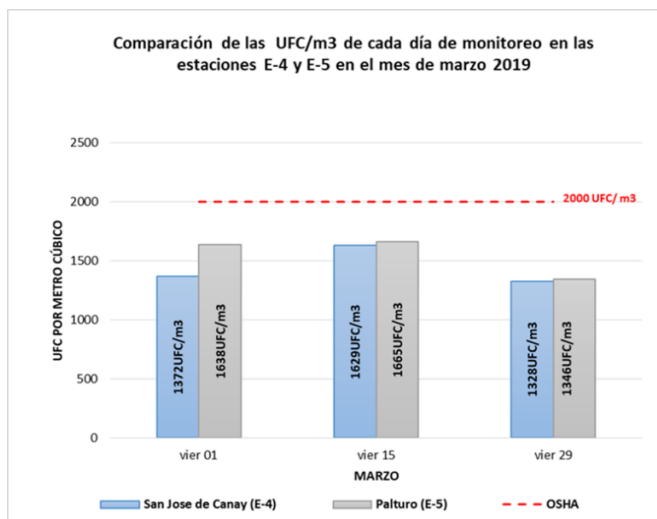


Fig. 6 Comparación de las UFC/m<sup>3</sup> de cada día de monitoreo en las estaciones E-4 y E-5 en el mes de marzo del 2 019.

E. GÉNEROS MICROBIOLÓGICOS ENCONTRADOS EN LAS CINCO ESTACIONES DE MUESTRO EN EL MES DE SEPTIEMBRE DEL 2 018 Y EL MES DE MARZO DEL 2 019.

Es importante realizar la identificación de las colonias fúngicas y bacterianas encontradas en las estaciones de muestreo, ya que estas se encuentran presentes en el aire, y una persona a lo largo de su vida, respira varios millones de metros cúbicos de aire, gran parte del cual contiene microorganismos. Se calcula que se inhalan al día una media de diez mil microorganismos, pero el hombre posee eficaces mecanismos de defensa para evitar que invadan el aparato respiratorio. Sin embargo, el control de estas enfermedades es difícil porque los individuos que las padecen suelen seguir realizando sus actividades cotidianas y, además, en algunas de ellas, no se dispone de agentes terapéuticos ni vacunas eficaces. Los microorganismos se transmiten por las secreciones de la nariz y la garganta y son diseminados por la tos, los estornudos y la conversación pudiendo alcanzar una velocidad de 300 km/h. Una persona puede expulsar una media de 500 partículas en la tos y de 1 800 a 20 000 en un estornudo, de los cuales la mitad son menores de 10 µm. El tamaño de las partículas tiene una gran importancia, las más pequeñas penetran mejor y las más grandes tienen mayor supervivencia. La mayoría de los virus y muchas bacterias que causan infecciones respiratorias se encuentran en gotas grandes de 20 µm, ya que si son pequeñas se evaporan y se inactivan por desecación [4].

Los géneros determinados durante el estudio fueron: *Staphylococcus Aureus*, *Bacillus sp*, *Micrococcus sp*, *Actinomyces sp*, *Flavobacterium sp*, *Ptoleus sp*, *Rhodotorula sp*, *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*.

Conviene recordar que la transmisión aérea de enfermedades no es exclusiva de microorganismos que salen de las vías respiratorias. En algunos casos se forman bioaerosoles procedentes de animales y sus productos que se resuspenden en el aire y pueden ser inhaladas, como heces desecadas y plumas de aves (*Chlamydophila psittaci*, *Cryptococcus neoformans*, *Histoplasma capsulatum*), placenta (*Coxiella burnetii*), lana, piel y marfil (*Bacillus anthracis*). Casos especiales son: *Legionella* que se encuentra en el agua y se transmite por los aerosoles que se forman en los distintos sistemas y aparatos o *Coccidioides immitis* y *Aspergillus fumigatus* cuyas esporas, procedentes del suelo y estiércol, son diseminadas sobre el polvo y transportadas por el viento [12].

El aire de las grandes ciudades, contaminado, con derivados de la combustión de hidrocarburos, incrementan la gravedad de las infecciones respiratorias [13]. Hay numerosas enfermedades bacterianas transmitidas por el aire, producidas principalmente, por bacterias gram positivas debido a su mayor supervivencia. Afectan al tracto respiratorio superior (faringitis, epiglotitis, difteria) e inferior (bronquitis, neumonías, tosferina, tuberculosis) o, desde éste pasan a sangre y otros órganos (meningitis, carbunco pulmonar, fiebre Q, peste). Por esta razón, la importancia de identificar los géneros predominantes en cada una de las estaciones de monitoreo.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ejecutó en la Universidad Privada del Norte (UPN), en el marco del Proyecto de Investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Ministerio del Ambiente. (2013). Ministerio del Ambiente. Obtenido de [http://www.minam.gob.pe/proyecologios/Ecolegios/contenidos/biblioteca/biblioteca/ml\\_rrss\\_A1L1\\_Problematica\\_rrss\\_Peru.pdf](http://www.minam.gob.pe/proyecologios/Ecolegios/contenidos/biblioteca/biblioteca/ml_rrss_A1L1_Problematica_rrss_Peru.pdf)
- [2] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal Provincial. Lima.
- [3] Asociación de Geógrafos Españoles. (2003). Clima y Calidad Ambiental. Galicia: Servicio de Publicación e Intercambio Científico Campus universitario sur 15782 Santiago de Compostela.
- [4] De la Rosa, d., Ullán, C., & Mosso, Á. (2000). Calidad microbiológica del aire de una zona limpia en una zona farmacéutica. Obtenido de Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia : <https://www.analesranf.com/index.php/aranf/article/view/43>
- [5] Mancilla, E. (2011). Caracterización e identificación de la carga bacteriana suspendida en aire de 3 laboratorios microbiológicos localizados en diferentes zonas del departamento de Guatemala. Ciudad de Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- [6] Berenguer, J., & Martí, C. (2000). Ambientes cerrados: calidad del aire. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- [7] López Tevez, L., & Torres, C. (2006). *Estudio cuantitativo de bacterias*. Ciudad de Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste .
- [8] Conalepfelictovar. (26 de Septiembre de 2012). *Conalepfelictovar*. Obtenido de Tecnicas y Métodos de Aislamiento y Selección de Microorganismos: <https://conalepfelictovar.wordpress.com/2012/09/26/tecnicas-y-metodos-de-aislamiento-y-seleccion-de-microorganismos/>
- [9] López, J. L., & Castillo, F. y. (2016). *Técnicas de identificación*. Obtenido de <http://media.axon.es/pdf/65248.pdf>
- [10] Singh, J. (1 de Junio de 2 005). Toxic Moulds and Indoor Air Quality. *Indoor and Built Environment*, 14, págs. 229-234.
- [11] Jones, & Harrison. (2003). Natural atmospheric microbial conditions in a typical suburban area.
- [12] Benenson, A. S. (1997). *Manual para el control de las enfermedades transmisibles*. Washington: Organización panamericana de la salud.
- [13] Mims, C., Nash, A., & Stephen, J. (2000). *Mims pathogenesis of infections disease*. San Diego: Academic Press.
- [14] Merck. Especificaciones tecnicas del muestredor micrbiologicos. [https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/RCS-standard,MM\\_NF-C150640#specifications](https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/RCS-standard,MM_NF-C150640#specifications)