

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA, EN EL PERIODO 2 018 - 2 019.”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Luz Nelda Jambo Marín

Luis Mendoza Chugnas

Asesor:

M. Sc. Magda Rosa Velásquez Marín

Cajamarca - Perú

2019



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

DEDICATORIA

A Dios por guiarnos en nuestro camino. A nuestros familiares y docentes por brindarnos el apoyo moral para llegar a nuestra meta trazada.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por habernos dado la vida, guiándonos con sabiduría e inteligencia en estos años, dándonos la fuerza y voluntad de seguir adelante, de no habernos caído y abandonado nuestros anhelos ante los constantes obstáculos que la naturaleza de la vida misma nos presenta día a día.

A nuestros familiares, por su apoyo incondicional en todo momento, por enseñarnos a ser fuertes, a ser la clase de personas que alcanzan sus objetivos, a levantarnos y avanzar.

A la Universidad Privada del Norte Cajamarca, en especial a nuestro docente M.Sc. Blgo. Marco Sánchez Peña, por brindarnos sus conocimientos y apoyo a lo largo de nuestra carrera profesional.

A nuestra asesora la M.Sc. Ing. Magda Velásquez Marín, por su respaldo, tiempo y dedicación en la realización de la presente tesis, además de ser un ejemplo a seguir de manera personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	28
1.3. Objetivos.....	28
1.3.1. Objetivo general.....	28
1.3.2. Objetivos específicos	28
1.4. Hipótesis	29
1.4.1. Hipótesis general	29
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	30
2.1. Tipo de investigación	30
2.2. Población y muestra	30
2.3. Materiales, instrumentos y métodos.....	30
2.4. Procedimiento	41
CAPITULO III. RESULTADOS	51
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
4.1. Discusión de resultados.....	62
4.2. Conclusiones	71
REFERENCIAS	73
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos o instrumentos utilizados	34
Tabla 2. Compuestos de las Tiras de Agar TC HYCON 1442530050.....	36
Tabla 3. Estaciones de Monitoreo	42
Tabla 4. Número de muestras obtenidas por cada estación de monitoreo en los turnos mañana, tarde y noche.	49
Tabla 5. Resultados obtenidos en el primer día de monitoreo en el mes de septiembre del 2 018. .	51
Tabla 6. Resultados obtenidos en el segundo día de monitoreo en el mes de septiembre del 2 018	51
Tabla 7. Resultados obtenidos en el tercer día de monitoreo en el mes de septiembre del 2 018..	53
Tabla 8. Resultados obtenidos en el primer día de monitoreo en el mes de marzo del 2 019.....	54
Tabla 9. Resultados obtenidos en el segundo día de monitoreo en el mes de marzo del 2 019	55
Tabla 10. Resultados obtenidos del tercer día de monitoreo en el mes de marzo del 2 109	56
Tabla 11. Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de septiembre del año 2 018.....	57
Tabla 12. Resultados del porcentaje de humedad relativa y UFC/m ³ en los tres turnos de muestreo en el mes de septiembre del 2 018.....	57
Tabla 13. 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 2 018	58
Tabla 14. Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de marzo del año 2 019	58
Tabla 15. Resultados del porcentaje de humedad relativa y UFC/m ³ en los tres turnos de muestreo en el mes de marzo del 2019	59
Tabla 16. 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.....	59
Tabla 17. Resultados de los promedios de UFC/m ³ en los tres turnos de muestreo del mes de septiembre 2018 y marzo 2 019	60
Tabla 18. Resultados de la comparación de los promedios de UFC/m ³ de cada estación de muestreo del mes de septiembre del 2018 y marzo del 2 019.	60
Tabla 19. Microorganismos encontrados en las cinco estaciones de monitoreo del mes de septiembre 2 018 y marzo del 2 019	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de las áreas de influencia.	33
Figura 2. Esquema de muestreo microbiológico del mes de septiembre del 2 018.....	37
Figura 3. Esquema de muestreo microbiológico del mes de marzo del 2 019.	38
Figura 4. Plano de las estaciones de monitoreo.....	43
Figura 5. Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de septiembre del año 2 018.	62
Figura 6. Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de marzo del año 2 019.....	63
Figura 7. Relación entre el % de humedad relativa y UFC/m ³ en los tres turnos de muestreo del mes de Septiembre del 2018.....	65
Figura 8. 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 2 018.	66
Figura 9. Comparación de las UFC/m ³ de cada día de monitoreo en las estaciones E-4 y E-5 en el mes de marzo del 2 019.....	68

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo, 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 2018 y en el mes de marzo del 2019; con la finalidad de demostrar si existe contaminación microbiológica. Se tomaron un total de 90 muestras en tres turnos, en cinco estaciones de monitoreo, durante los dos meses de estudio teniendo en cuenta las áreas de influencia directa e indirecta, además de mediciones de porcentaje de humedad relativa, dirección y velocidad del viento; ya que el crecimiento y proliferación de estos microorganismos están relacionados a estas variables. La metodología utilizada para la medición microbiológica cuantitativa del aire fue a través del muestreador microbiológico del aire RCS Estándar. Obteniendo como resultado del monitoreo en el mes de septiembre del 2018 un promedio general de 2 408 UFC/m³ y en el mes de marzo del 2019 se obtuvo un promedio general de 1 472 UFC/m³. 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/m³.

Palabras clave: Contaminación de Aire, Calidad Microbiológica, Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

ABSTRACT

This research aims 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 if there is microbiological contamination. Five monitoring stations were monitored in the morning, afternoon and night shifts, taking into account the areas of direct and indirect influence. The quality standard proposed by the Occupational Health and Safety Administration (OSHA, 2 001) establishes a limit of 2 000 UFC/m³, obtaining as a result of monitoring in September 2 018 a general average of 2 408 UFC/m³ in the 5 monitoring stations. This value represents a risk to people's health as they exceed the quality standard proposed by OSHA. However, in March 2 019 a general average of 1 472 UFC/m³ was obtained in the 5 monitoring stations. The value obtained does not exceed the OSHA quality standard, this is due to the fact that in the month of March there is a greater presence of rains and this produces a washing of microorganisms in the air.

Keywords: Air Pollution, Microbiological Quality, Colony Forming Units (UFC).

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

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. (Ministerio del Ambiente, 2013). Los residuos sólidos son desechos orgánicos e inorgánicos que se generan tras el proceso de fabricación, transformación o utilización de bienes y servicios. Si estos residuos no se manejan adecuadamente, producen contaminación ambiental y riesgos para la salud de las personas. Actualmente, en el Perú no existe una adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos, no se cumplen con las exigencias legales mínimas en la mayoría de los municipios para evitar una afectación al ambiente y la salud de las personas.

En la ciudad de Cajamarca en el mes de junio del año 2009 se inauguró la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca, la cual incumple algunas normas de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Reglamentado por Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. En la actualidad dicha planta no procesan los residuos orgánicos para realizar compost, no cuenta con el proceso de segregación de residuos sólidos, entre otras cosas. Por lo tal dicha planta de tratamiento de residuos sólidos 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 (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

Así, por ejemplo, los plazos para obtener la aprobación de los instrumentos de gestión

ambiental para las infraestructuras de residuos sólidos y los plazos para obtener las autorizaciones de la entidad competente son inadecuados.

La inadecuada disposición de residuos sólidos a nivel nacional es un problema ambiental grave. La disposición de residuos sólidos a cielo abierto, la incineración de basura, la falta de control de lixiviados y el arrojado de residuos sólidos en cuerpos de agua generan grandes impactos al ambiente, afectando la calidad del agua, aire y suelo, poniendo en riesgo la salud de las personas. La acumulación y el manejo inadecuado de estos residuos favorecen a la reproducción de roedores, insectos, microorganismos patógenos y otros transmisores de enfermedades. (Asociación de Geógrafos Españoles, 2 003) La perturbación de un ecosistema se puede producir de tres formas por introducción de materia o energía; por extracción de materia o energía; y por la alteración mecánica in situ. Desde esta perspectiva una contaminación es una perturbación por introducción de energía o materia, y esta puede ser inorgánica u orgánica, y viva o no viva. Precisamente según la naturaleza del agente contaminante se suele distinguir entre contaminación física (calor, radiación y ruido); contaminación química (metales, plaguicidas, hidrocarburos, etc.); y contaminación biológica (virus, bacterias, hongos, paracitos, etc.).

La atmósfera no tiene un microbiota autóctona, pero es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos (esporas, bacterias, virus y hongos), procedentes de otros ambientes. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y permanencia. Los microorganismos dispersados por el aire tienen una gran 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 (M. C. De La Rosa, 2 002).

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 (Mancilla, 2 011). En general, los contaminantes presentes en el aire 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 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. (Berenguer & Martí, 2 000).

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 crecimiento poblacional, y con ello la contaminación se ha convertido en un grave problema ambiental.

Para afirmar esto es necesario determinar la calidad microbiológica ambiental, en este caso la determinaremos 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 de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca 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 cuales síntomas se relacionan con una deficiente calidad del aire las cuales son: dolor de cabeza, mareos, náuseas, fatiga, piel seca, irritación de ojos, congestión de senos nasales, etc. Asimismo, dar de conocimiento a la Municipalidad Provincial de Cajamarca para que esté al tanto de la importancia que se merece el control epidemiológico, de esta manera apoyar a los pobladores del caserío de San José de Canay y brindar las medidas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente que se merecen los trabajadores de la planta de tratamiento de residuos sólidos.

Ante ello, al no tener información oficial de la calidad microbiológica ambiental de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca 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.

En una investigación realizada por (Duarte & Roa, 2018), quienes realizaron la: “Evaluación de la Calidad Microbiológica del Aire en la Clínica de Optometría de La Universidad de La Salle”. Con el objetivo de determinar la calidad microbiológica del aire presente en los baños, pasillos, recepción y almacén de la Clínica de Optometría

de la Universidad de La Salle. Además, se llevó a cabo un muestreo de aire, además de mediciones de porcentaje de humedad relativa y velocidad del viento durante dos semanas. El estudio encontró que hay una prevalencia de la presencia de bacterias además de una distribución más amplia teniendo en cuenta estudios previos. El viento y la humedad tienen una relación directa con el mantenimiento de géneros tales como: *Staphylococcus* (26.3%), *Pantoea* (10.5%) y *Sphingomonas* (5.3%) que son causantes de enfermedades oculares y zoonóticas, lo cual tiene un peligro potencial para la salud de aquellos que asisten regularmente a las instalaciones de la Clínica.

En otro estudio realizado por el (Departamento de salud ocupacional, 2 011), donde realizaron el documento técnico: Procedimiento de muestreo microbiológico de aire. El cual tiene como objetivo describir el procedimiento de muestreo microbiológico de aire en áreas biolimpias, salas blancas, y/o de contaminación controlada, utilizando el equipo MAS-100NT™.

(Jaimes Albornoz, 2 014), realizó la investigación: Estudio de la calidad microbiológica del aire interior de la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN) en la Universidad Nacional Agraria La Molina en base a los hongos ambientales. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

Se identificaron 13 géneros de hongos además de Levaduras, *Rhodotorulas* y micelios sin esporular, los géneros que se encontraron con mayor frecuencia en los 13 ambientes estudiados fueron, *Cladosporium* (67.85%), *Alternaria* (8.23%), *Penicillium* (5.11%), *Aspergillus* (3.40%) y *Fusarium* (2.41%).

La concentración de hongos expresados en UFC/m³ en los dos ambientes externos fue mayores a todos los ambientes internos de la biblioteca. Se puede concluir que la BAN

presenta condiciones ambientales de temperatura y humedad, que favorecen el crecimiento de hongos.

Microbiología

La microbiología es la rama de la biología que estudia los microorganismos o microbios, deriva de 3 palabras griegas: mikros (pequeño), bios (vida) y logos (ciencia) que conjuntamente significan el estudio de la vida microscópica. Estos son tan abundantes y variados que se calcula que apenas se han estudiado un 1% de los microorganismos presentes en nuestro planeta (Laboratorios clínicos Echandi , s.f.).

Aerobiología

La aerobiología es una rama de la biología que estudia partículas orgánicas, tales como bacterias, esporas de hongos, insectos muy pequeños y polen, las cuales son pasivamente transportadas por el aire. Uno de los principales campos de la aerobiología ha sido el de contar estas partículas como ayuda en el tratamiento de los alérgicos (Nilsson, 1 992).

La aerobiología es una ciencia en pleno desarrollo, que interactúa con muchas otras ciencias como la ingeniería y la meteorología. La Asociación Panamericana de Aerobiología (PAAA) es una sociedad de individuos que comparten un interés profesional o académico en la ciencia de aerobiología (Herrera, 2009).

Una aplicación importante médica de la aerobiología, es el estudio de transmisión de enfermedades por el aire. Se sabe que muchas bacterias, virus y

hongos pueden ser transportados a través del aire, posiblemente dentro de gotas (Domínguez, 1 992).

Calidad del aire

La calidad del aire está determinada por su composición. La presencia o ausencia de varias sustancias y sus concentraciones son los principales factores determinantes de la calidad del aire. Debido a esto, la calidad del aire se expresa mediante la concentración o intensidad de contaminantes, la presencia de microorganismos, o la apariencia física. Ejemplos de contaminantes que son importantes indicadores de la calidad del aire son el dióxido de azufre y las partículas de polvo y suciedad. La apariencia física del aire se puede medir, por ejemplo, determinando la turbidez del aire (Ciencia, Tecnología y Ambiente, 2 009).

Contaminación del aire

La perturbación de un ecosistema se puede producir de tres formas por introducción de materia o energía; por extracción de materia o energía; y por la alteración mecánica in situ. Desde esta perspectiva una contaminación es una perturbación por introducción de energía o materia, y esta puede ser inorgánica u orgánica, y viva o no viva. Precisamente según la naturaleza del agente contaminante se suele distinguir entre contaminación física (calor, radiación y ruido); contaminación química (metales, plaguicidas, hidrocarburos, etc.); y contaminación biológica (virus, bacterias, hongos, paracitos, etc.) (Asociación de Geógrafos Españoles, 2 000).

Se habla de dos tipos de contaminación atmosféricas, puntuales y zonales, según la localización de emisión consiste en un foco, como la chimenea de una fábrica, o una superficie de emisión, como una ciudad. También puede ser fuentes fijas (calefacción) o móviles (transportes). Sea cual sea el tipo, las fuentes de emisión de contaminantes se puede agrupar en categorías tales como: eliminación de residuos sólidos (incineradoras municipales y vertederos de cielo abierto) y Varias (incendios forestales, quema de residuos agrícolas, etc.) (Asociación de Geógrafos Españoles, 2 000).

Factores que contribuyen a la contaminación del aire

Determinadas localizaciones temporales de la tropósfera pueden ser hábitats adecuados para el crecimiento de los microorganismos. Las nubes poseen agua, intensidad de luz y concentración de CO₂ suficiente para permitir el crecimiento de los microorganismos fotoautótrofos. En zonas industriales, puede haber, incluso, la suficiente concentración de sustancias orgánicas en la atmósfera que permita el crecimiento de algunos microorganismos heterótrofos (Departamento de Microbiología, 2 002).

El desarrollo de microorganismos está influenciado por supuesto por factores físicos tales como temperatura, humedad, luz, polvo, aerosoles, viento y turbulencia, pero lo primero que determina que una bacteria o un hongo se mantenga en el ambiente viable es la cantidad de agua disponible que existe.

- Humedad y temperatura

La humedad y la temperatura son los factores esenciales para la viabilidad de los microorganismos presentes en suspensión dentro de la atmósfera. Para cada microorganismo se tiene una temperatura y humedad relativa óptima de crecimiento y desarrollo de los mismos por lo cual los valores pueden variar en dependencia de la clasificación de los microorganismos y sus características intrínsecas (Wiley, 2 000)

- Ventilación

La aeración es un factor que incide en el estado de conservación de los objetos presentes en ambientes interiores. Cuando un local está bien ventilado se evapora la humedad y se reduce la temperatura superficial, modificándose estos dos factores ambientales de los que depende el crecimiento del microorganismo (Hernández, Alejandra; Marín, Andrés, 2 013).

- Polvo

Entre los elementos que componen la atmósfera tenemos el polvo, que es un factor tóxico en la misma, ya que está siempre cargado de esporas de microorganismos y estas constituyen el componente mayoritario. Como los componentes del polvo, tanto químicos como biológicos, pueden dañar los materiales, éste debe ser retirado periódicamente para prevenir el biodeterioro (Pernilla, 2 013).

- Ráfagas de viento

Este fenómeno contiene partículas nocivas entre las que destacan: pesticidas, microorganismos y otros contaminantes químicos, que inducen a crisis de asma y alergias. Además de la contaminación del aire, las ráfagas de viento sacuden la superficie de las aguas, las rizan y dan lugar a ondulaciones que van creciendo en amplitud. Cuando el viento sopla muy fuerte, las crestas de las olas se cierran sobre sí mismas y caen formando volutas. Los vientos suaves producen aguas calmadas con ondas que pueden recorrer miles de kilómetros, y los vientos fuertes producen aguas tempestuosas (Marroquín, 2 011).

Focos de contaminación biológica en sistemas de aire

Los principales focos de contaminación biológica relacionados con los sistemas de ventilación/climatización son:

- El aire exterior

Éste transporta granos de polen, bacterias y hongos tanto sus formas vegetativas

como sus formas resistentes (esporas), la mayoría son inocuos para el hombre, pero algunos de ellos pueden ser patógenos.

- Los sistemas de filtración

En ellos, y esa es su misión, queda retenido buena parte del material particulado que lleva el aire y al que pueden ir asociados microorganismos, este material es un buen medio para la proliferación de los mismos.

- El sistema de refrigeración

Durante la estación cálida el vapor de agua que contiene el aire condensa sobre los serpentines de refrigeración, esa agua puede quedar estancada en el suelo del equipo donde, junto a la suciedad que allí esté acumulada, se crean las condiciones adecuadas para el desarrollo de agentes biológicos. Otro foco de contaminación asociado al sistema de refrigeración lo constituyen las torres de refrigeración, en ellas las temperaturas que alcanza el agua no están lejos de las que favorecen el desarrollo de las bacterias causantes de la legionelosis, entre 35 y 45°C y de otros microorganismos como algas, amebas y bacterias. De las torres de refrigeración, debido a su diseño y funcionamiento, se desprenden a la atmósfera aerosoles que pueden contener microorganismos, los cuales se suman a la contaminación exterior, pudiendo reintroducirse en el sistema de ventilación del mismo edificio o de los edificios situados en las proximidades, dependiendo de la dirección de los vientos predominantes en la zona, así como de la ubicación de las tomas de aire.

- Los materiales porosos

En ocasiones están presentes en los sistemas de ventilación/climatización, normalmente como aislantes acústicos o como material de construcción de los conductos. En ellos se pueden dar las circunstancias que Favorecen el crecimiento de agentes biológicos, por ejemplo, la suciedad que aporta nutrientes y el agua que transporta el aire.

- El aire del interior de los locales

El aire ha ido recogiendo la contaminación producida en los diferentes focos. Uno de los más importantes son las personas que ocupan el edificio, estas personas pueden ser portadores sintomáticos o asintomáticos de agentes biológicos. Hay que tener en cuenta que muchos sistemas de ventilación funcionan reciclando el aire interior por lo que el sistema puede, en conjunto, convertirse en el diseminador de la contaminación generada en una zona, al resto del edificio (Calleja, 1 998).

Efectos de la contaminación del aire

En general, los contaminantes presentes en el aire 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 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. Por otra parte los contaminantes microbianos pueden provocar enfermedades infecciosas. Los síntomas que se relacionan con una deficiente calidad del aire son: dolor de cabeza, mareos, náuseas, fatiga, piel seca, irritación de ojos, congestión de senos nasales y tos.

Con respecto a la caracterización de la microbiota del aire y la presencia de especies patógenas se destaca el trabajo de (Palacios, 2 006), quien determino la concentración y tipo de microorganismos cultivables suspendidos en la atmósfera de la ciudad de Monterrey, N. L. México, los resultados muestran presencia de hongos de los géneros: *Penicillium* sp y *Aspergillus* spp. El trabajo concluye que las partículas de polvo suspendidas en el aire de la ciudad de Monterrey, son un vehículo de transporte microbiano de patógenos potenciales oportunistas para el hombre.

Propiedades microbiológicas del aire

- Contenido microbiológico de aire

La atmósfera no tiene una microbiota autóctona, pero es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos (esporas, bacterias, virus y hongos), procedentes de otros ambientes, porque la microflora es transitoria y variable. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y permanencia. Los microorganismos dispersados por el aire tienen una gran 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 monumento y metales.

Entre el contenido microbiológico del aire se encuentra:

- Bacterias y hongos (esporas y células vegetativas)
 - Esporas de algas
 - Quistes de protozoos (Departamento de Microbiología, 2 002).
- Agentes patógenos del aire

La superficie de la Tierra (suelo y agua) es la fuente de los microorganismos en la atmósfera. El viento forma polvo del suelo y estas partículas de polvo transportan los microorganismos del suelo al aire. Además, las gotas de agua que se originan en la superficie de los océanos y otros cuerpos de agua naturales como consecuencia de la salida de burbujas de aire, pueden contener microorganismos que penetran en la atmósfera. Las esporas de hongos constituyen la mayor proporción de microorganismos en el aire.

El tiempo de permanencia de los microorganismos en el aire depende de la forma, tamaño, peso del microorganismo y la existencia de la potencia de las corrientes aéreas que lo sostenga y lo eleve. Son factores adversos los obstáculos, que, al oponerse a los vientos, disminuyen su velocidad y su potencia de arrastre, y las precipitaciones, que arrastran al suelo las partículas suspendidas (Departamento de Microbiología, 2 002).

A menudo, tanto las esporas como los microorganismos vegetativos entran en la atmósfera como bioaerosoles, que pueden formarse por muchas causas: lluvia, movimiento del agua en los ríos y mar, tratamiento de aguas residuales, aspersores de riego, aire acondicionado o secreciones respiratorias del hombre y de los animales.

Los microorganismos también pueden encontrarse en el aire sobre partículas de polvo o en el suelo. La mayoría de los microorganismos soportan un corto desplazamiento, (pocos milímetros) muy pocos resisten largas distancias debido a la hostilidad del hábitat y según reportes, se pueden encontrar gran variedad de esporas de hongos donde los más comunes son *Cladosporium*, y *Penicillium* (Bartha & Atlas, 2 002)

Medios de cultivo

Los medios de cultivo son una mezcla de nutrientes que, en concentraciones adecuadas y en condiciones físicas óptimas, permiten el crecimiento de los microorganismos. Estos medios son esenciales en el Laboratorio de Microbiología por lo que un control en su fabricación, preparación, conservación y uso, asegura la exactitud, confiabilidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos. En los laboratorios de microbiología se utilizan diferentes tipos de medios de cultivo que pueden ser preparados en forma líquida o en forma sólida. Usualmente para preparar un medio sólido, se parte de un medio líquido al que se le añade un agente solidificante como el agar, la gelatina o la sílicagel. (Gutiérrez de Gamboa, 2 008)

- Clasificación de acuerdo a la naturaleza de sus constituyentes
 - Medios naturales o complejos: constituidos por sustancias complejas de origen animal o vegetal, las que son usualmente complementadas por la adición de minerales y otras sustancias. En ellos no se conocen todos los componentes, ni las cantidades exactas presentes de cada uno de ellos.
 - Medios definidos o sintéticos: son los medios que tienen una composición química definida cualitativamente y cuantitativamente. Generalmente se usan en trabajos de investigación.
- Clasificación de acuerdo al uso del medio de cultivo
 - Medios de enriquecimiento: son medios líquidos que favorecen el crecimiento de un tipo de microorganismo en particular. Permiten aumentar el número de microorganismos de ese tipo. Usualmente contienen una o más sustancias inhibitoras del crecimiento de los microorganismos con excepción de los que se quieren cultivar.
 - Medios selectivos: son parecidos a los de enriquecimiento, se diferencian por ser medios sólidos y están diseñados para el aislamiento de microorganismos específicos.
 - Medios diferenciales: son medios que contienen indicadores de productos derivados de la actividad microbiana de los microorganismos. No contienen ningún tipo de sustancia con

actividad antimicrobiana. Permiten revelar características fisiológicas de los microorganismos.

Tiras de Agar TC HYCON 1442530050

HYCON Agar Strips TC son medios de cultivo listos para usar para la evaluación de microorganismos en el aire con muestreadores de aire microbianos, como el equipo RCS Estándar. Cada tira de agar se sella individualmente en el paquete primario transparente. El agar se llena con una película flexible de respaldo. La formulación de la base medio de Agar tiras TC (Soybean-Casein Digest Agar) cumple con la recomendaciones de los actuales europeos, japoneses y estadounidenses Farmacopea y se complementa con neutralizadores.

El agar tríptico de soja (TSA, agar digesto de caseína de soja) es un medio complejo para el cultivo y aislamiento de una amplia gama de bacterias, levaduras y mohos. El medio se complementa con lecitina y polisorbato 80, así como buffer. (MERCK, 2 016)

Estándar de comparación

La (OSHA, 2 001), indica un límite máximo permisible de 2 000 UFC/m³ ; si los valores sobrepasan este estándar se considera un ambiente contaminado y este aire es un riesgo para la salud.

Microorganismos

Los microorganismos son organismos dotados de individualidad (unicelulares) que presentan, a diferencia de las plantas y los animales superiores, una organización biológica elemental. Algunos microorganismos son patógenos y causan enfermedades a personas, animales y plantas, algunas de las cuales han sido un azote para la humanidad desde tiempos inmemoriales.

Humedad relativa

La humedad relativa mide la cantidad de agua en el aire en forma de vapor, comparándolo con la cantidad máxima de agua que puede ser mantenida a una temperatura dada.

Colonias

Colonias son el conjunto de microorganismos visibles macroscópicamente y que se han desarrollado a partir de un progenitor común.

Patógeno

Se denomina patógeno a todo agente biológico externo que se aloja en un ente biológico determinado, dañando de alguna manera su anatomía, a partir de enfermedades o daños visibles o no. A este ente biológico que aloja a un agente patógeno se lo denomina huésped, hospedador o también hospedante, en cuanto es quien recibe al ente patógeno y lo alberga en su cuerpo.

Velocidad del viento

La velocidad mide la componente horizontal del desplazamiento del aire en un punto y en un instante determinado. Se mide mediante un anemómetro, y la unidad de medida es habitualmente metros por segundo (m/s). Las ausencias de viento se denominan calmas.

Dirección del viento

La dirección mide la componente horizontal de la velocidad del viento. En meteorología es importante tener en cuenta que la dirección nos indica de dónde viene el viento, no hacia dónde va. Por ejemplo, el viento norte es el que sopla desde el norte. Se mide en grados, desde 0° (excluido) hasta 360° (incluido), girando en el sentido de las agujas del reloj en el plano horizontal visto desde arriba. Valores cercanos a 1° y 360° indican viento del norte, cercanos a 90° viento del este, 180° del sur y 270° del oeste. Entre estos valores tendremos el resto de direcciones: nordeste, sureste, suroeste y noroeste.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad microbiológica del aire en el área de influencia de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca en los meses de septiembre del 2018 y marzo del 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad microbiológica del aire en el área de influencia de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca en los meses de septiembre del 2018 y marzo del 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar los niveles de concentración de microorganismos presentes en el aire de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca con respecto a la humedad relativa.
- Comparar los niveles de concentración de microorganismos presentes en el aire en la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca y su área de influencia según la dirección y velocidad del viento.
- Identificar los géneros de microorganismos presentes en la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca y su área de influencia.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La evaluación de la calidad microbiológica del aire en el área de influencia de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca en los meses de septiembre del 2018 y marzo del 2019 sobrepasa los estándares de comparación de la OSHA (2 000 UFC/m³).

1.4.2. Hipótesis específicas

- Al aumentar la humedad relativa, los niveles de concentración de microorganismos aumentan.
- La dirección y velocidad del viento si tiene relación en el aumento de los niveles de concentración de microorganismos.
- Las enfermedades de algunos pobladores son producidas por los microorganismos presentes en la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

No Experimental:

Transversal: Correlacional-causal.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La calidad del aire de la zona de influencia de la Planta de Tratamiento de residuos sólidos.

2.2.2. Muestra

Volúmenes de aire por cada estación de muestreo.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Delimitación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y sus áreas de influencia directa e indirecta, las cuales están especificadas posteriormente; el análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de biología de la Universidad Privada del Norte.

2.3.1.1. Área de influencia

La delimitación del área de influencia está orientada a identificar hábitats posiblemente afectados por la actividad de la Planta de Tratamiento de residuos sólidos (SENACE, 2 019).

Para determinar el área de influencia se realiza el siguiente análisis:

- Identificación de componentes socio-ambientales en el área y actividades que puedan afectarlos.
- Se puede considerar que el área de influencia está constituida por el área de la planta de tratamiento de residuos sólidos y el alcance de los microorganismos patógenos por medio de la velocidad y dirección del viento.

Criterios Considerados:

- El área de la Planta de tratamiento de residuos sólidos: Se considera a toda el área de la planta ya que estas áreas estarán en contacto directo con los microorganismos patógenos.
- Actividades en la operación: las cuales se realizarán en ambientes abiertos donde el aire transporta a los microorganismos patógenos.

2.3.1.1.1. Área de influencia directa

Determinada por aproximadamente 500 000 m², constituye al área en donde se desarrollan las actividades propias del proyecto: área de tratamiento de aguas residuales (lixiviados), área de disposición final de residuos, área de disposición materiales

peligrosos, oficinas, cocina, comedor, servicios higiénicos, vías de acceso, etc.

2.3.1.1.2. Área de influencia indirecta

Determinada por 1 000 metros cuadrados de radio del área externa del proyecto; lo cual abarca al caserío de San José de Canay donde hay un aproximado de 43 familias y también terrenos que sirven para cultivo y pastoreo de animales.

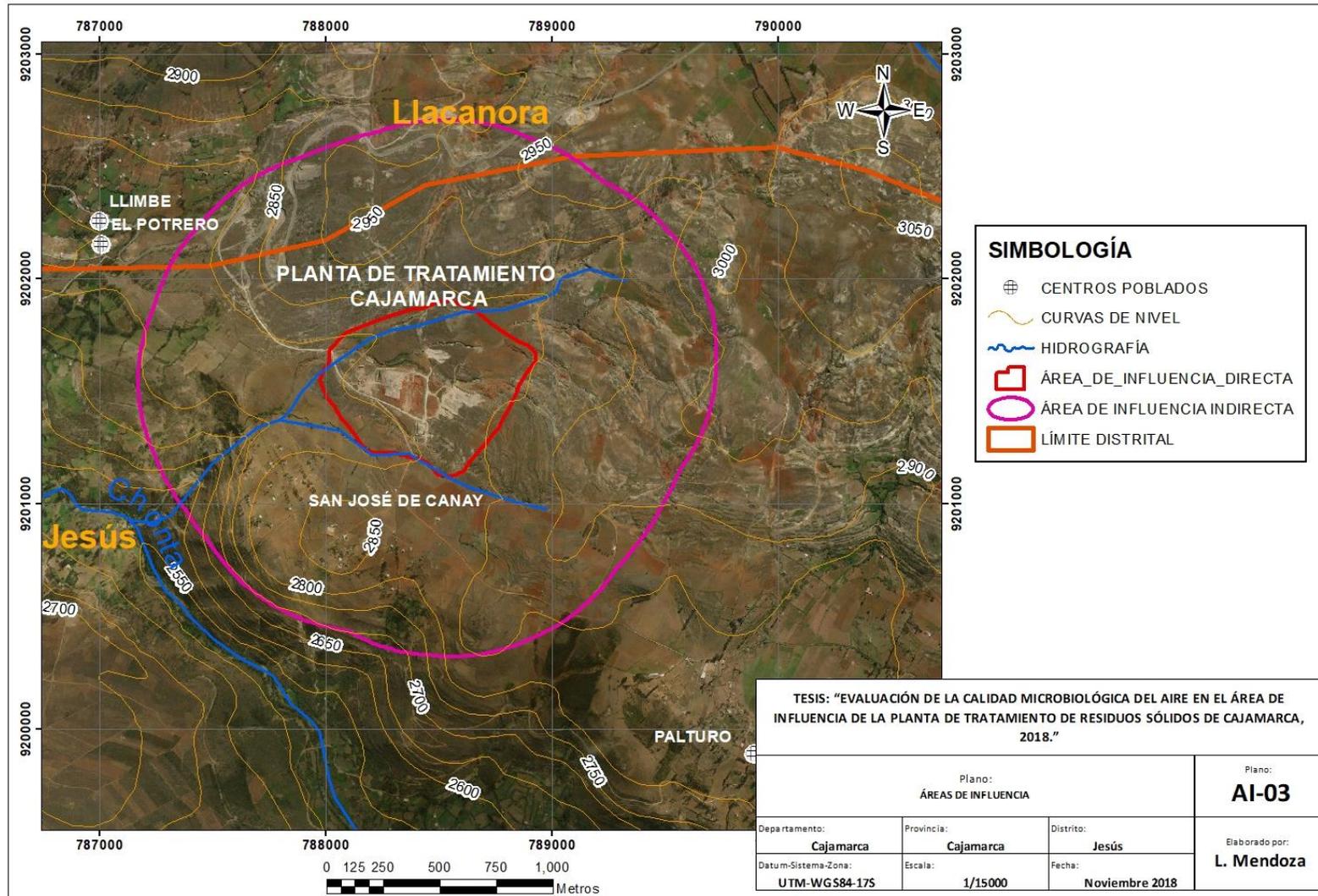


Figura 1. Plano de las áreas de influencia.

2.3.2. Equipos e instrumentos

Tabla 1
Equipos o instrumentos utilizados

Nombre del Equipo o Instrumento	Marca y Modelo	Descripción
Microscopio binocular óptico	ZEISS Primo Star	El Microscopio Binocular con iluminación LED, provisto de objetivos de un alto poder resolutivo con óptica corregida a infinito y permite el trabajo microscópico según los procedimientos de campo claro.
Cámara fotográfica Digital	SONY W800	La cámara de fotos digital compacta W800 con diseño de bolsillo te permite capturar imágenes inmaculadas a todas las distancias gracias al Cyber-shot.
Trípode	ESPOD Cx 203ap	Trípode muy estable, para equipos pesados hasta 3.5 kg. Con mango ergonómico del cabezal que se posiciona con facilidad.
Contador de colonias manual de mesa	SUNTEX 570	El Suntex 570 cuenta las colonias por presión sobre la caja con cualquier bolígrafo marcador a elegir. Tiene una señal sonora que valida la cuenta de una nueva unidad. Visualización numérica de 0 a 9 999.
Muestreador microbiológico de aire	RCS Standard	El Estándar RCS es el clásico muestreador de aire microbiano de mano en todo el mundo. Es un instrumento liviano, compacto y muy robusto para usar en áreas no clasificadas. Muestra a una velocidad del instrumento de aproximadamente 40 l/min. El Estándar RCS permite la selección de cinco duraciones de muestreo programadas permanentemente: 0.5 min, 1 min, 2 min, 4 min y 8 min.
Nombre del Equipo o Instrumento	Marca y Modelo	Descripción

Incubadora microbiológica	MMM Incucell	La incubadora MMM Incucell está diseñada para el tratamiento seguro de cultivos microbiológicos. Incucell no produce ruido y proporciona convección de aire suave dentro de la cámara. Estos dispositivos son especialmente adecuados para laboratorios biológicos, farmacias, etc. El control lógico difuso de la temperatura garantiza temperaturas precisas y el microprocesador avanzado permite ciclos flexibles y repetibles.
GPS de mano	GPSmap 60CSx	El GPSmap 60CSx tiene múltiples funciones que mejoran el rendimiento de los productos de la popular serie 60, como una tarjeta microSD™ extraíble, un receptor GPS de alta sensibilidad, un altímetro barométrico y una brújula electrónica.
Anemómetro	STEREN HER-440	El anemómetro digital HER-440 mide de manera sencilla el flujo y velocidad del aire. Es ideal en aplicaciones en las que se necesita tener precisión y control. Las mediciones que muestra el anemómetro son en tiempo real. Para la velocidad tiene las siguientes unidades de medida: m/s, km/h, mil/h, ft/s, ft/min y nudos.

2.3.3. Materiales y reactivos

- Alcohol
- Reactivos para tinción (Lugol, Alcohol acetona, Violeta de metilo, Safranina, Cloruro de metiltionina).
- Agua destilada
- Libreta de Campo
- Lápices
- Portaobjetos
- Asa de siembra

- Mechero
- EPP
- Cinta masking tape.
- Rotulador indeleble.
- Muestra microbiológica (Microorganismos capturados).
- Tiras de Agar TC HYCON 1442530050

Tabla 2
Compuestos de las Tiras de Agar TC HYCON 1442530050

Formula per liter of purified water.	
Pancreatic digest of casein	15.0 g
Soy bean peptone	5.0 g
NaCl	5.0 g
Agar	15.0 g
Neutralizers: lecithin, polysorbate 80	
Supplements such as buffer	
The appearance of the medium is clear and yellowish. The pH value is in the range of 7.1 to 7.5. The medium can be adjusted and/or supplemented according to the performance criteria required.	

2.3.4. Métodos

2.3.4.1. 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 de aire mediante el uso del muestreador microbiológico de aire RCS Standard 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.

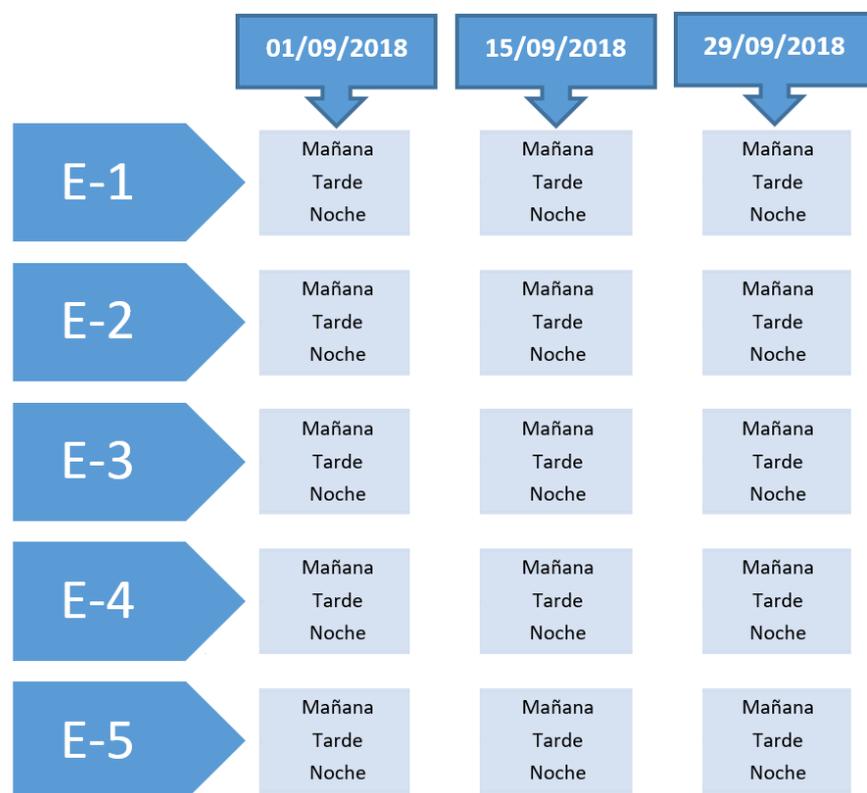


Figura 2. Esquema de muestreo microbiológico del mes de septiembre del 2018.

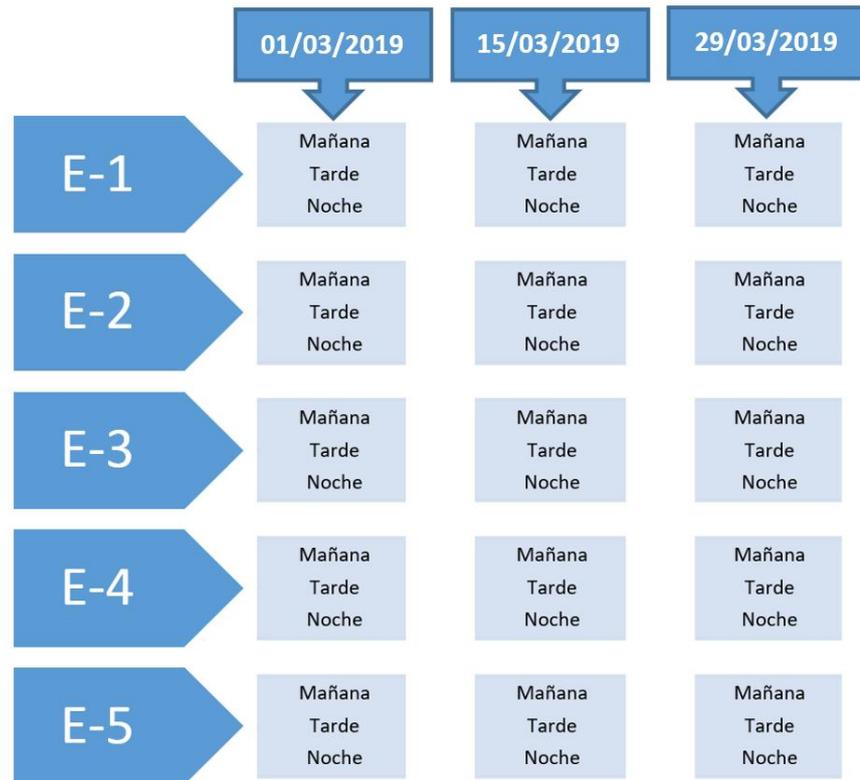


Figura 3. Esquema de muestreo microbiológico del mes de marzo del 2019.

2.3.4.2. Medición de viento

Para este análisis, se obtuvieron los datos de velocidad y dirección del viento que fueron tomadas durante el horario de actividad de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca.

Se tomó una muestra dejando una hora en un solo punto de muestreo, Esto se repitió cada uno de los días del monitoreo microbiológico. Se utilizó un anemómetro que se alquiló para medir la velocidad del viento y una veleta para ver la dirección del viento en los días mencionados anteriormente, estos datos serán proporcionados y procesados en el Excel para realizar las rosas de viento de la zona de estudio. Esta información es importante ya que es a través del viento

que los microorganismos se aerotransportan y nos ayudará para la interpretación de los resultados que se obtengan.

2.3.4.3. 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. (López Tevez & Torres, 2006).

2.3.4.4. 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 (Conalepfelixtovar, 2 012).

2.3.4.5. 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. (López & Castillo, 2 016), la complejidad de este proceso depende del nivel de precisión o discriminación que se pretende conseguir.

2.3.4.6. ANOVA

Es un método de modelado lineal para evaluar la relación entre campos. Para los controladores clave, ANOVA prueba si el valor objetivo de media varía entre combinaciones de categorías de dos entradas. Si la variación es significativa, existe un efecto de interacción.

Para probar si las medias son diferentes, una prueba ANOVA compara la varianza explicada (provocada por los campos de entrada) con la varianza no explicada (provocada por el origen del error). Si la proporción de la varianza explicada con la varianza no explicada es alta, las medias son estadísticamente diferentes. (IBM, 2 013).

2.4. Procedimiento

2.4.1. Diseño del plan de monitoreo

Antes de realizar el monitoreo de microorganismos en el aire, se diseñó un plan de monitoreo a base del protocolo de monitoreo y análisis de calidad microbiológica del aire en centros de atención médica (Guzmán Fierro & Pachón Bernal, 2016) que permitió la recolección de información adecuada y válida.

Para ello se consideró lo siguiente:

- **Propósito del monitoreo:** El propósito del monitoreo fue determinar el nivel de contaminación microbiológica del aire en la planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Cajamarca y su área de influencia.
- **Periodo de monitoreo:** El tiempo de medición fue durante el mes de septiembre del 2018 y en el mes de Marzo del 2019. Tres veces al mes y tres veces al día (Mañana de 9:00 am – 11:00 am, Tarde de 2:00 pm – 5:00 pm y Noche de 7:00 pm - 9:00pm).
- **Ubicación de las estaciones de monitoreo:** Para determinar la ubicación de las estaciones de monitoreo, se consideró la siguiente información:
 - Previa observación realizada en distintos puntos de la planta de tratamiento de residuos sólidos y su área de influencia, se seleccionaron los puntos de muestreo de acuerdo a la ubicación de la fuente generadora de contaminación.
 - Se determinaron los puntos de monitoreo, teniendo en consideración la dirección del viento debido a que, a través de éste, la dispersión de microorganismos puede variar.

- Se seleccionaron los puntos de medición indicando las coordenadas de cada estación de monitoreo.
- Se elaboró los planos para la ubicación de las estaciones de monitoreo.

Tabla 3
Estaciones de Monitoreo.

Parámetro	Código	Ubicación/Descripción	Coordenadas UTM(WGS-84)	
			Este	Norte
Velocidad y dirección del viento	E-1	En la celda que aún se está llenando con residuos sólidos, la parte más alta de la planta de tratamiento de residuos sólidos.	788 544	9 201 316
Microbiológico (TC)				
Microbiológico (TC)	E-2	A lado de la poza que contiene la mayor cantidad de lixiviados.	788 440	9 201 414
Microbiológico (TC)	E-3	Ingreso Vehicular a la planta de tratamiento de residuos sólidos.	788 115	9 201 518
Microbiológico (TC)	E-4	Frente a la I.E. N°821599 "San Jose de Canay".	788 040	9 200 854
Microbiológico (TC)	E-5	Ingreso al centro poblado de Palturo.	789 735	9 200 296

TC: Hace referencia al conteo total de microorganismos, este es el parámetro principal a medir en cada estación de monitoreo.

- **Descripción del entorno:** Se realizó un reconocimiento inicial del lugar mediante la observación, con la finalidad de identificar:
 - Las fuentes generadoras de contaminación: los módulos de residuos sólidos, posas de lixiviados, módulo de materiales peligrosos y los módulos sellados.
 - Los potenciales efectos de la contaminación microbiológica en las áreas de la planta de residuos sólidos y alrededores, la alteración de la calidad ambiental y su posible consecuencia en el medio ambiente y la salud de las personas.

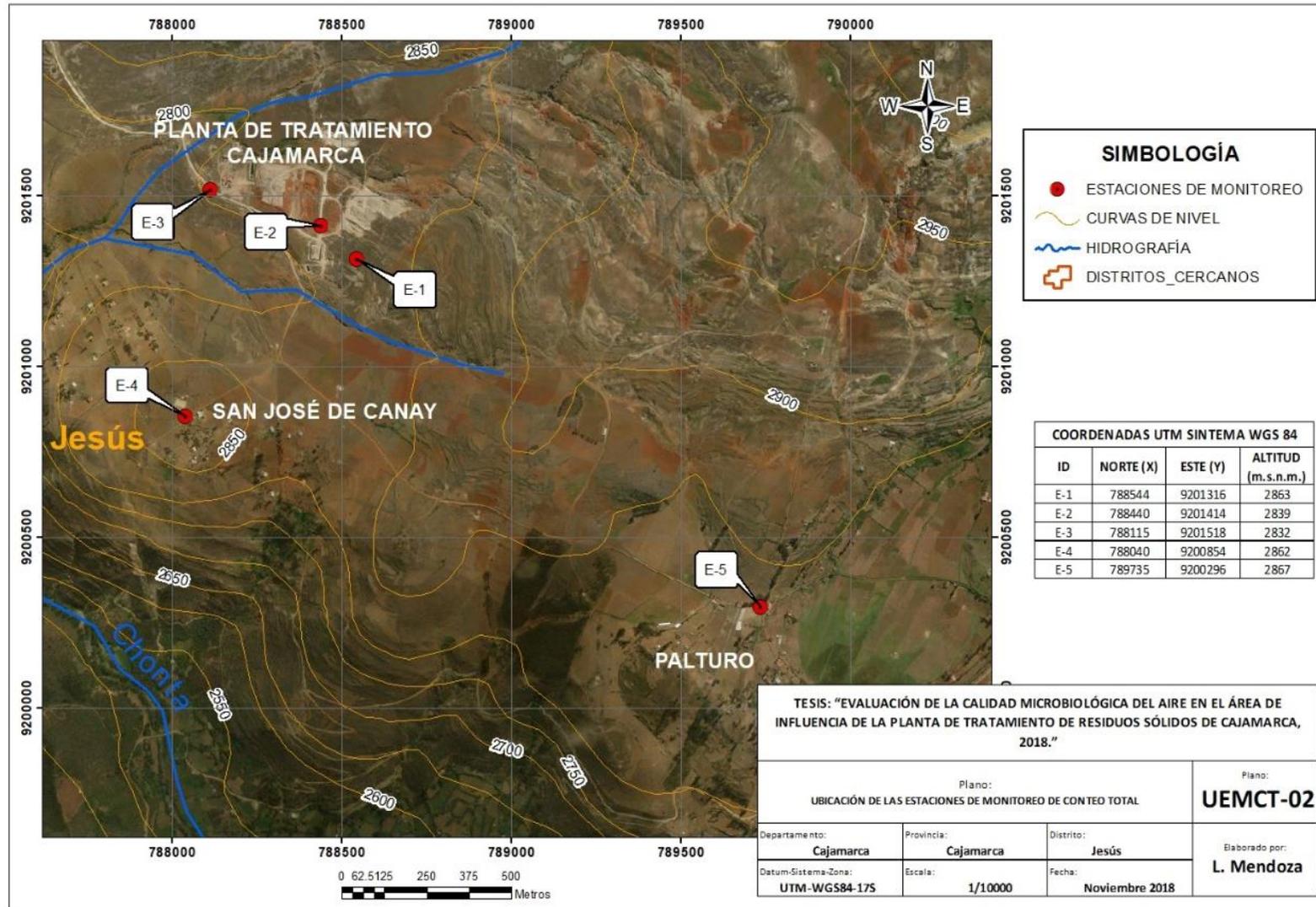


Figura 4. Plano de las estaciones de monitoreo.

2.4.2. Metodología

2.4.2.1. 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.
- Incubación, conteo e identificación de las muestras microbiológicas recogidas en campo; en el laboratorio biológico de la Universidad Privada del Norte.
- Discusión de resultados y conclusiones.
- Elaboración de informe.

2.4.2.2. Metodología en campo

- Reconocimiento de las instalaciones y facilidades para la ejecución del monitoreo.
- Identificación de las fuentes de contaminación.
- Ubicación de los puntos de muestreo.
- Toma de muestras y mediciones de campo.
- Conservación y traslado de muestras al laboratorio.

2.4.2.3. Metodología de monitoreo

I. Monitoreo del viento

Se tuvo en cuenta lo siguiente:

- 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.

a. Instalación de equipos para el monitoreo del viento

- Se colocó una veleta de viento encima del trípode a 1 metro sobre el suelo.
- Se colocó el anemómetro STEREN HER-440 en el trípode de sujeción a 1.5 metros sobre el suelo.

II. Monitoreo microbiológico

A base del protocolo de monitoreo y análisis de calidad microbiológica del aire en centros de atención médica (Guzmán Fierro & Pachón Bernal, 2 016) se tuvo en cuenta lo siguiente:

- 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. Esto se realizó siempre que las características del equipo no requieran tener al operador cerca. En el caso que lo requirió, se mantuvo una distancia razonable que permitió tomar la medida, sin afectar el muestreo. El uso del trípode fue indispensable.
- No hubo razones para desistir de la toma de muestra ya que no hubo fenómenos climatológicos adversos: lluvia, granizo, tormentas, etc.

a. Instalación y funcionamiento del muestreador microbiológico de aire RCS Standard.

Según el protocolo de monitoreo y análisis de calidad microbiológica del aire en centros de atención médica (Guzmán Fierro & Pachón Bernal, 2016) se toman los siguientes pasos:

- Se colocó el muestreador microbiológico de aire RCS Standard en el trípode de sujeción a 1 metro sobre el piso.
- Se ubicó el muestreador microbiológico de aire RCS Standard hacia la dirección del viento, la duración de las mediciones fue durante 4 minutos (160 litros de aire) por muestra tomada.
- Se introduce las tiras con el medio de cultivo al muestreador microbiológico de aire RCS Standard con un mechero prendido, para así evitar la alteración de la muestra microbiológica antes de ser utilizado por el equipo.
- Luego del muestreo cada tira de agar TC es sellada y conservada en un cooler a 8°C con la ayuda de gel refrigerante, posteriormente transportada para su incubación.
- No se realizaron mediciones en condiciones meteorológicas extremas que pudieron afectar la medición (lluvia, granizo, tormentas, etc.).

2.4.2.4. Incubación de las muestras microbiológicas

Se realizó lo siguiente:

- Primero se analizó la ficha técnica de las Tiras de Agar TC HYCON 1442530050 ya que ahí nos indican el periodo de incubación de acuerdo al microorganismo.
- Retiramos las muestras microbiológicas del cooler para introducirlas a la incubadora.
- Se colocó las muestras microbiológicas a incubar a 35°C por tres días.

2.4.2.5. Conteo de Colonias

Se realizó lo siguiente:

- 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/m³) aplicando la siguiente formula de conversión:

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

2.4.2.6. Aislamiento e identificación de microorganismos

Se realizó lo siguiente:

- De las colonias procedentes de las tiras de agar TC utilizadas, se realizó el aislamiento de las bacterias haciendo un pase de las colonias con un asa de siembra a los portaobjetos.
- 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 dispersamos la colonia por el portaobjeto para luego iniciar con el procedimiento de identificación.
- La identificación de las bacterias aisladas se comenzó aplicando una tinción de gram al frotis de la bacteria, utilizando los reactivos de tinción como lo son: Lugol, Alcohol acetona, Violeta de metilo, Safranina, Cloruro de metiltionina.
- Cada uno de estos reactivos se aplica sobre el portaobjetos que contiene la colonia dispersa, por un tiempo determinado.

- Luego se observó con la ayuda del microscopio para determinar, el gram del microorganismo (gram-positivas, de color violeta azulado, y gram-negativas, de color granate o rojo-rosado) y sus características morfológicas.

2.4.3. Estándar de Comparación

Los valores de unidades formadoras de colonia por metro cúbico se compararon con los valores establecidos por la (OSHA, 2 001), indican un máximo de 2 000 UFC/m³; si los valores sobrepasan este estándar se considera un ambiente contaminado y este aire puede implicar en el riesgo para la salud.

2.4.4. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se utilizaron los programas Microsoft Excel 2016.

El número de muestras obtenidas por cada estación de monitoreo se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 4
Número de muestras obtenidas por cada estación de monitoreo en los turnos mañana, tarde y noche.

ESTACIÓN DE MONITOREO	N° DE MUESTRAS OBTENIDAS		
	Mañana	Tarde	Noche
E-1 (TC)	3	3	3
E-2 (TC)	3	3	3
E-1 (TC)	3	3	3
E-2 (TC)	3	3	3
E-1 (TC)	3	3	3

TC: Hace referencia al conteo total de microorganismos.

E-1: Hace referencia a la ubicación de la estación de monitoreo.

E-2: Hace referencia a la ubicación de la estación de monitoreo

- Se elaboró una base de datos en Microsoft Excel con todas las mediciones obtenidas.
- Se trabajó con los promedios para construir tablas y figuras que se muestran en el Capítulo 3.
- Se obtuvo también un promedio general de turnos para cada estación de monitoreo.
- Se comparó los datos obtenidos con las rosas de viento que fueron elaborados por día.

CAPITULO III. RESULTADOS

Tabla 5

Resultados obtenidos en el primer día de monitoreo en el mes de septiembre del 2 018.

SEPTIEMBRE DEL 2 018												
DÍA 1 (01 / 09 / 2 018)												
TIRA DE AGAR TC (Conteo Total)		A7	B7	A8	B8	A9	B9	A10	B10	MEDIA	TOTAL	UFC/m ³
ESTACIÓN 1	Mañana	9	11	8	12	11	11	6	12	10.000	340	2 125
	Tarde	9	8	9	10	11	12	8	7	9.250	315	1 966
	Noche	18	20	20	16	17	21	16	23	18.875	642	4 011
Promedio de estación 1											432	2 701
ESTACIÓN 2	Mañana	9	11	9	9	7	13	16	18	11.500	391	2 444
	Tarde	6	7	3	6	5	5	4	5	5.125	174	1 089
	Noche	8	10	13	13	9	12	9	8	10.250	349	2 178
Promedio de estación 2											305	1 904
ESTACIÓN 3	Mañana	7	6	10	13	8	11	6	13	9.250	315	1 966
	Tarde	4	6	7	8	4	8	4	6	5.875	200	1 248
	Noche	18	20	20	16	17	21	16	23	18.875	642	4 011
Promedio de estación 3											385	2 408
ESTACIÓN 4	Mañana	14	9	8	12	10	11	12	14	11.250	383	2 391
	Tarde	5	8	5	5	3	5	3	3	4.625	157	983
	Noche	11	10	6	13	11	11	11	15	11.000	374	2 338
Promedio de estación 4											305	1 904
ESTACIÓN 5	Mañana	15	13	16	14	12	18	13	12	14.125	480	3 002
	Tarde	8	10	11	12	13	11	14	10	11.125	378	2 364
	Noche	14	23	17	18	19	17	18	19	18.125	616	3 852
Promedio de estación 5											492	3 072
Promedio Total de UFC/m ³ por día de muestreo												2 398

Nota: A7, B7, A8, B8, A9, B9, A10 y B10 hacen referencia a la codificación de cuadrículas brindadas a las tiras de agar, (VER ANEXO 9).

Tabla 6

Resultados obtenidos en el segundo día de monitoreo en el mes de septiembre del 2 018.

		DÍA 2 (15 / 09 / 2 018)											
TIRA DE AGAR TC (Conteo Total)		7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	MEDIA	TOTAL	UFC/m ³	
ESTACIÓN 1	Mañana	10	12	11	12	10	11	13	9	11.000	374	2 338	
	Tarde	9	8	11	12	8	13	9	10	10.000	340	2 125	
	Noche	20	18	22	19	17	21	20	17	19.250	655	4 091	
		Promedio de estación 1										456	2 851
ESTACIÓN 2	Mañana	9	8	11	10	12	8	12	9	10.000	340	2 125	
	Tarde	5	6	4	5	5	7	4	5	5.125	174	1 089	
	Noche	19	22	13	21	17	20	17	15	18.000	612	3 825	
		Promedio de estación 2										375	2 346
ESTACIÓN 3	Mañana	11	12	10	14	13	12	12	11	11.875	404	2 523	
	Tarde	8	7	9	6	5	4	7	5	6.375	217	1 355	
	Noche	11	10	8	12	14	9	10	12	11.000	374	2 338	
		Promedio e estación 3										332	2 072
ESTACIÓN 4	Mañana	11	12	10	13	14	9	7	12	11.000	374	2 338	
	Tarde	7	6	8	10	5	9	12	5	7.750	264	1 647	
	Noche	11	8	10	14	12	11	11	10	10.875	370	2 311	
		Promedio de estación 4										336	2 098
ESTACIÓN 5	Mañana	13	12	9	11	9	13	15	9	11.375	387	2 417	
	Tarde	14	11	17	15	13	10	12	15	11.000	374	2 338	
	Noche	12	14	16	10	15	13	17	19	14.500	493	3 081	
		promedio de estación 5										418	2 612
		Promedio Total de UFC/m ³ por día de muestreo											2 396

Nota: A7, B7, A8, B8, A9, B9, A10 y B10 hacen referencia a la codificación de cuadrículas brindadas a las tiras de agar, (VER ANEXO 9).

Tabla 7
Resultados obtenidos en el tercer día de monitoreo en el mes de septiembre del 2018.

		DÍA 3 (29 / 09 / 2018)										
TIRA DE AGAR TC (Conteo Total)		7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	MEDIA	TOTAL	UFC/m ³
ESTACIÓN 1	Mañana	12	13	11	10	9	12	13	11	11.375	387	2 417
	Tarde	9	8	10	11	7	12	14	8	9.875	336	2 098
	Noche	16	14	15	16	14	15	17	17	15.500	527	3 294
	Promedio de estación 1										417	2 603
ESTACIÓN 2	Mañana	12	15	9	8	11	12	12	11	11.250	383	2 391
	Tarde	6	5	4	5	5	6	4	5	5.000	170	1 063
	Noche	12	11	13	9	8	12	15	13	11.625	395	2 470
	Promedio de estación 2										316	1 974
ESTACIÓN 3	Mañana	14	12	16	9	12	13	11	9	12.000	408	2 550
	Tarde	6	8	7	10	5	3	6	3	6.000	204	1 275
	Noche	17	18	14	19	20	13	14	16	16.375	557	3 480
	Promedio de estación 3										390	2 435
ESTACIÓN 4	Mañana	12	13	14	8	7	13	9	12	11.000	374	2 338
	Tarde	10	8	9	11	12	10	9	8	9.625	327	2 045
	Noche	12	12	11	14	9	12	14	11	11.875	404	2 523
	Promedio de estación 4										368	2 302
ESTACIÓN 5	Mañana	12	13	15	10	9	12	14	13	12.250	417	2 603
	Tarde	11	12	14	11	12	13	12	10	11.875	404	2 523
	Noche	15	15	17	16	18	16	16	15	16.000	544	3 400
	Promedio de estación 5										455	2 842
Promedio Total de UFC/m ³ por día de muestreo											2 431	

Nota: A7, B7, A8, B8, A9, B9, A10 y B10 hacen referencia a la codificación de cuadrículas brindadas a las tiras de agar, (VER ANEXO 9).

Tabla 8
Resultados obtenidos en el primer día de monitoreo en el mes de marzo del 2 019.

		MARZO 2 019											
		DÍA 1 (01 / 03 / 2019)											
TIRA DE AGAR TC (Conteo Total)		7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	MEDIA	TOTAL	UFC/m ³	
ESTACIÓN 1	Mañana	7	6	8	5	6	5	6	8	6.375	217	1 355	
	Tarde	9	8	5	7	6	7	6	7	6.875	234	1 461	
	Noche	5	5	4	3	5	6	4	3	5.000	170	1 063	
		Promedio de estación 1										207	1 293
ESTACIÓN 2	Mañana	9	11	9	9	7	11	12	11	9.875	336	2 098	
	Tarde	6	7	5	6	5	5	4	6	5.500	187	1 169	
	Noche	6	7	5	6	7	8	9	7	6.875	234	1 461	
		Promedio de estación 2										252	1 576
ESTACIÓN 3	Mañana	7	6	7	9	8	7	6	8	7.250	247	1 541	
	Tarde	8	6	7	8	5	8	6	6	6.750	230	1 434	
	Noche	5	6	6	5	5	6	4	5	5.250	179	1 116	
		Promedio De Estación 3										218	1 364
ESTACIÓN 4	Mañana	10	9	8	9	10	11	10	10	9.625	327	2 045	
	Tarde	5	8	5	5	3	5	3	3	4.625	157	983	
	Noche	5	6	4	3	6	6	6	5	5.125	174	1 089	
		Promedio de estación 4										220	1 372
ESTACIÓN 5	Mañana	8	11	9	10	11	7	6	7	8.625	293	1 833	
	Tarde	7	6	8	8	7	6	5	6	6.625	225	1 408	
	Noche	9	8	7	7	9	8	8	7	7.875	268	1 673	
		Promedio de estación 5										262	1 638
		Promedio Total de UFC/m ³ por día de muestro										1 449	

Nota: A7, B7, A8, B8, A9, B9, A10 y B10 hacen referencia a la codificación de cuadrículas brindadas a las tiras de agar, (VER ANEXO 9).

Tabla 9
Resultados obtenidos en el segundo día de monitoreo en el mes de marzo del 2019.

		DÍA 2 (15 / 03 / 2019)										
TIRA DE AGAR TC (Conteo Total)		7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	MEDIA	TOTAL	UFC/m ³
ESTACIÓN 1	Mañana	5	6	6	7	5	6	7	5	5.875	200	1 248
	Tarde	9	8	11	12	8	13	9	10	10.000	340	2 125
	Noche	7	6	8	7	8	8	6	8	7.250	247	1 541
Promedio de estación 1											262	1 638
ESTACIÓN 2	Mañana	7	6	5	6	7	6	5	5	5.875	200	1 248
	Tarde	7	9	9	9	8	7	9	8	8.250	281	1 753
	Noche	7	8	8	7	8	6	8	8	7.500	255	1 594
Promedio de estación 2											245	1 532
ESTACIÓN 3	Mañana	6	7	8	7	8	8	6	7	7.125	242	1 514
	Tarde	8	10	9	7	8	8	7	9	8.250	281	1 753
	Noche	9	7	8	7	8	9	7	7	7.750	264	1 647
Promedio de estación 3											262	1 638
ESTACIÓN 4	Mañana	8	6	7	8	8	8	8	8	7.625	259	1 620
	Tarde	7	9	8	10	8	9	10	9	8.750	298	1 859
	Noche	7	8	6	5	6	6	8	7	6.625	225	1 408
Promedio de estación 4											261	1 629
ESTACIÓN 5	Mañana	8	9	7	9	8	7	8	9	8.125	276	1 727
	Tarde	7	9	10	9	8	7	8	10	8.500	289	1 806
	Noche	7	6	7	8	6	7	6	8	6.875	234	1 461
Promedio de estación 5											266	1 665
Promedio Total de UFC/m ³ por día de muestreo												1 620

Nota: A7, B7, A8, B8, A9, B9, A10 y B10 hacen referencia a la codificación de cuadrículas brindadas a las tiras de agar, (VER ANEXO 9).

Tabla 10
Resultados obtenidos del tercer día de monitoreo en el mes de marzo del 2 109.

		DÍA 3 (29 / 03 / 2 019)											
TIRA DE AGAR TC (Conteo Total)		7A	7B	8A	8B	9A	9B	10A	10B	MEDIA	TOTAL	UFC/m ³	
ESTACIÓN 1	Mañana	5	6	5	6	6	6	5	7	5.750	196	1 222	
	Tarde	6	6	7	6	7	4	6	8	6.250	213	1 328	
	Noche	7	6	8	6	7	4	5	6	6.125	208	1 302	
		Promedio de estación 1										205	1 284
ESTACIÓN 2	Mañana	6	8	7	6	5	6	5	5	6.000	204	1 275	
	Tarde	6	5	8	5	5	6	8	6	6.125	208	1 302	
	Noche	6	6	6	7	8	6	5	6	6.250	213	1 328	
		Promedio de estación 2										208	1 302
ESTACIÓN 3	Mañana	6	7	6	5	5	5	7	6	5.875	200	1 248	
	Tarde	6	8	7	10	5	5	6	3	6.250	213	1 328	
	Noche	6	6	6	7	7	8	6	8	6.750	230	1 434	
		Promedio de estación 3										214	1 337
ESTACIÓN 4	Mañana	6	6	6	8	7	6	9	6	6.750	230	1 434	
	Tarde	7	8	6	5	7	6	6	8	6.625	225	1 408	
	Noche	6	4	4	6	6	6	5	6	5.375	183	1 142	
		Promedio de estación 4										213	1 328
ESTACIÓN 5	Mañana	7	6	6	7	9	8	9	8	7.500	255	1 594	
	Tarde	5	6	6	7	6	6	6	7	6.125	208	1 302	
	Noche	6	6	6	4	4	6	5	6	5.375	183	1 142	
		Promedio de estación 5										215	1 346
		Promedio Total de UFC/m ³ por día de muestreo											1 319

Nota: A7, B7, A8, B8, A9, B9, A10 y B10 hacen referencia a la codificación de cuadrículas brindadas a las tiras de agar, (VER ANEXO 9).

Tabla 11
Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de septiembre del año 2 018.

SEPTIEMBRE 2018				
ESTACIÓN DE MONITOREO	MONITOREO TURNO MAÑANA (UFC/m ³)	MONITOREO TURNO TARDE (UFC/m ³)	MONITOREO TURNO NOCHE (UFC/m ³)	ESTÁNDAR DE COMPARACIÓN SEGÚN OSHA (UFC/m ³)
E-1	2 293	2 063	3 798	2 000
E-2	2 320	1 080	2 824	2 000
E-3	2 346	1 293	3 276	2 000
E-4	2 356	1 558	2 391	2 000
E-5	2 674	2 408	3 444	2 000

NOTA: Los valores que se encuentran en negrita son aquellas que sobrepasan el estándar de comparación con la OSHA (2 000 UFC/m³).

Tabla 12
Resultados del porcentaje de humedad relativa y UFC /m³ en los tres turnos de muestreo en el mes de septiembre del 2 018.

TURNO	Septiembre 2 018						Promedio	
	SAB 01		SAB 15		SAB 29		%H.R	UFC/m ³
	%H.R	UFC/m ³	%H.R	UFC/m ³	%H.R	UFC/m ³		
MAÑANA (9:00-11:00)	63.0	2 385	64.0	2 348	61.7	2 460	62.9	2 398
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	3 278	80.0	3 129	82.3	3 033	82.0	3 147

NOTA: Los valores que se encuentran en negrita son aquellas que sobrepasan el estándar de comparación con la OSHA (2 000 UFC/m³).

Tabla 13

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 2 018.

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)
Turno	Mañana	2 391 UFC/m ³	3 002 UFC/m ³	2 338 UFC/m ³	2 417 UFC/m ³	2 338 UFC/m ³	2 603 UFC/m ³
	Tarde	983 UFC/m ³	2 364 UFC/m ³	1 647 UFC/m ³	2 338 UFC/m ³	2 045 UFC/m ³	2 523 UFC/m ³
	Noche	2 338 UFC/m ³	3 852 UFC/m ³	2 311 UFC/m ³	3 081 UFC/m ³	2 523 UFC/m ³	3 400 UFC/m ³
PROMEDIO		1 904 UFC/m ³	3 073 UFC/m ³	2 099 UFC/m ³	2 612 UFC/m ³	2 302 UFC/m ³	2 842 UFC/m ³

Tabla 14

Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de marzo del año 2019.

MARZO 2 019				
ESTACIÓN DE MONITOREO	MONITOREO TURNO MAÑANA (UFC/m ³)	MONITOREO TURNO TARDE (UFC/m ³)	MONITOREO TURNO NOCHE (UFC/m ³)	ESTÁNDAR DE COMPARACIÓN SEGÚN OSHA (UFC/m ³)
E-1	1 275	1 638	1 302	2 000
E-2	1 541	1 408	1 461	2 000
E-3	1 434	1 505	1 399	2 000
E-4	1 700	1 417	1 213	2 000
E-5	1 718	1 505	1 426	2 000

Tabla 15
Resultados del porcentaje de humedad relativa y UFC/m³ en los tres turnos de muestreo en el mes de marzo del 2 019.

MARZO								
Turno	Vier. 01		Vier. 15		Vier. 29		Promedio	
	%H.R	UFC/m ³						
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

Tabla 16
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							
Turno	Vier 01		Vier 15		Vier 29		Palturo (E-5)
	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	2 045 UFC/m ³	1 833 UFC/m ³	1 620 UFC/m ³	1 727 UFC/m ³	1 434 UFC/m ³	
Tarde	983 UFC/m ³	1408 UFC/m ³	1 859 UFC/m ³	1806 UFC/m ³	1 408 UFC/m ³	1 302 UFC/m ³	
Noche	1 089 UFC/m ³	1 673 UFC/m ³	1 408 UFC/m ³	1461 UFC/m ³	1 142 UFC/m ³	1 142 UFC/m ³	
PROMEDIO	1 372 UFC/m ³	1 638 UFC/m ³	1 629 UFC/m ³	1665 UFC/m ³	1 328 UFC/m ³	1 346 UFC/m ³	

Tabla 17

Resultados de los promedios de UFC/m³ en los tres turnos de muestreo del mes de septiembre 2018 y marzo 2019.

TURNO DE MUESTREO	SET-18	MAR-19	OSHA (UFC/m ³)
Mañana (9:00-11:00)	1 534 UFC/m ³	2 398 UFC/m ³	
Tarde (14:00-17:00)	1 495 UFC/m ³	1 681 UFC/m ³	2 000
Noche (19:00-21:00)	1 360 UFC/m ³	3 147 UFC/m ³	

Tabla 18

Resultados de la comparación de los promedios de UFC/m³ de cada estación de muestreo del mes de septiembre del 2018 y marzo del 2019.

ESTACIÓN DE MONITOREO	SET-18	MAR-19	OSHA (UFC/m ³)
E1	2 718 UFC/m ³	1 405 UFC/m ³	
E2	2 075 UFC/m ³	1 470 UFC/m ³	2 000
E3	2 305 UFC/m ³	1 446 UFC/m ³	
E4	2 101 UFC/m ³	1 443 UFC/m ³	
E5	2 842 UFC/m ³	1 549 UFC/m ³	
PROMEDIO	2 408 UFC/m ³	1 463 UFC/m ³	2 000

Tabla 19

Microorganismos encontrados en las cinco estaciones de monitoreo del mes de septiembre 2 018 y marzo del 2 019.

DOMINIO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO/ESPECIE
Bacterias	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus Aureus</i>
				Bacillaceae	<i>Bacillus sp</i>
	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Microcococcaceae	<i>Micrococcus sp</i>
				Actinomycetaceae	<i>Actinomiato sp</i>
	Bacteroidetes	Flavobacteria	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	<i>Flavobacterium sp</i>
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Enterobacteriales	Enterobacteriaceae	<i>Protocus sp</i>	
Hongos	Basidiomycota	Pucciniomicetos	Esporidiales	Sporidiobolaceae	<i>Rhodotorula sp</i>
	Ascomycota	Euascomycetes	Eurotiales	Trichomaceae	<i>Aspergillus sp</i> <i>Penicillium sp</i>

En esta tabla se observa todas las especies de bacterias y hongos encontradas en las cinco estaciones de monitoreo; los mismos microorganismos estuvieron presentes en cada una de las estaciones tanto en el mes de septiembre del 2 018 y en el mes de marzo 2 019. Teniendo a la bacteria *Staphylococcus Aureus* en mayor cantidad en las cinco estaciones de muestreo.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión de resultados

4.1.1. 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.

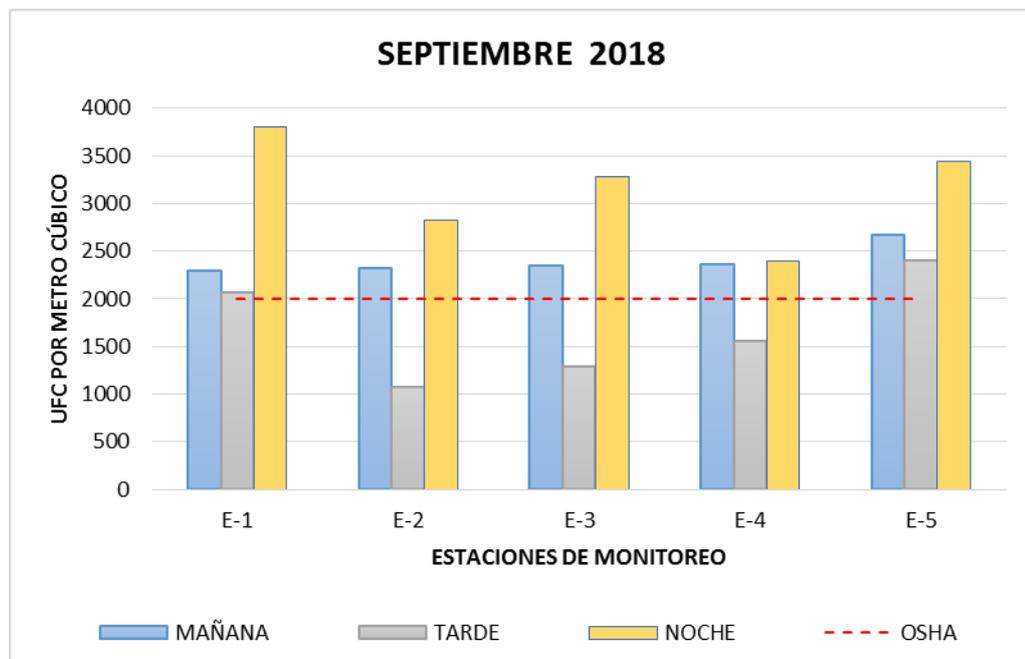


Figura 5. Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de septiembre del año 2018.

En la figura 5, 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 aire 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 6, se observa que para el mes de marzo del 2 019 la mayor concentración de microorganismos no se da en la noche, observándose que el 60 % de los puntos muestreados (E-2, E-4, E-5), presenta concentración mayores de microorganismos en el turno de la mañana.

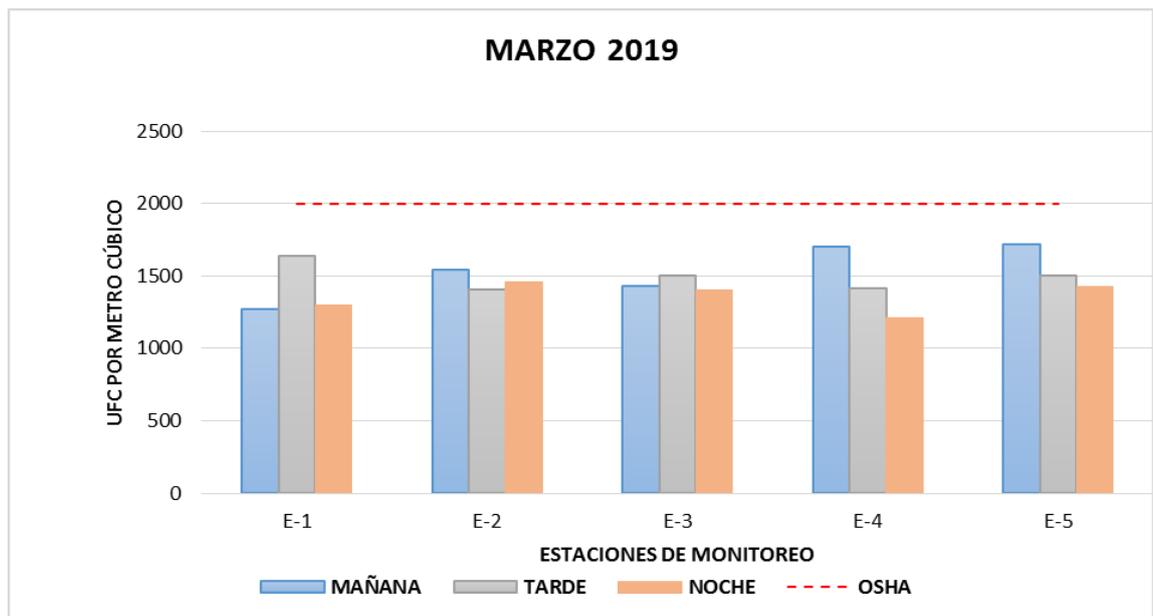


Figura 6. Resultados de las estaciones de monitoreo, en el mes de marzo del año 2019.

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, laboratorios y patógenos importantes para la salud humana. Si bien la mayoría no son patógenos, pueden comportarse como oportunistas y afectar adversamente a la salud produciendo alergias, infecciones y toxicidad (Singh, 2 005). El riesgo para la salud afecta principalmente al personal que labora en las instalaciones del relleno sanitario y a los habitantes de las comunidades que residen en las proximidades. En la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca 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 días secos, conforme aumenta la temperatura y la velocidad del viento y se reduce la humedad relativa (Jones & Harrison, 2 003).

4.1.2. Relación entre la carga microbiológica presente en el aire con respecto al porcentaje de humedad relativa.

En la Tabla 12, se puede observar los resultados del conteo total de microorganismos presentes en el aire colectada en UFC/m³ 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/m³. Según los resultados y la figura 7, 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/m³, esto se debe a que una humedad relativa muy elevada favorece al crecimiento de los microorganismos, especialmente de aquellos que se encuentran en la superficie.

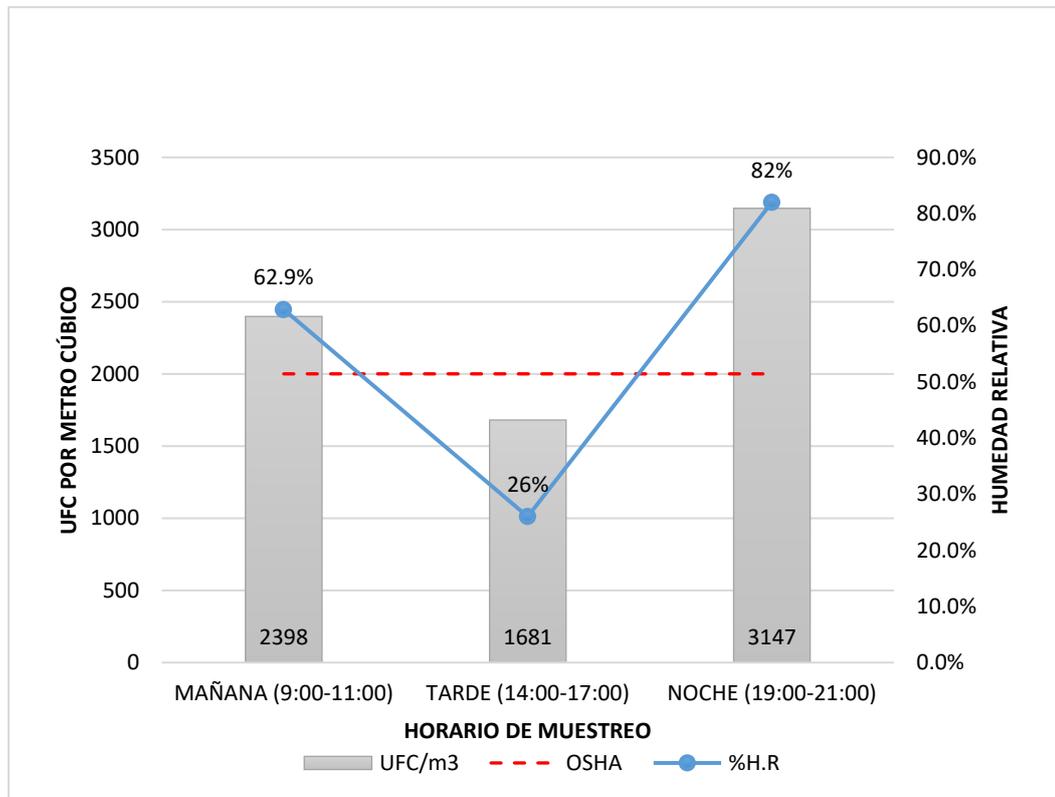


Figura 7. Relación entre el % de humedad relativa y UFC/m³ en los tres turnos de muestreo del mes de Septiembre del 2018.

En el mes de Marzo del 2019 pasa algo que llama la atención, como podemos apreciar en la Tabla 15, 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 valor de 1534 UFC/m³; pero ¿Por qué habiendo mayor humedad relativa que en el mes de septiembre del año 2018, los valores de UFC/m³ son inferiores? Esto se debe a que en el mes de marzo del 2019 se presenciaron lluvias. (de la Rosa, Uillán, & Mosso, 2000) 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”.

4.1.3. 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 rosa de viento en el mes de Septiembre del 2018.

En la Tabla 13, se puede observar los resultados de la concentración de microorganismos presentes en el aire colectada en UFC/m³ en el mes de septiembre del 2018, obtenidos en las estaciones de monitoreo E-4 y E-5. Según los resultados y la figura 8, 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 como podemos apreciar en la rosa de viento del mes de septiembre (Anexo 7). Así, es como los microorganismos gracias al viento se transporta por medio del aire, desde la planta de tratamiento de residuos sólidos hacia el centro poblado de Palturo.

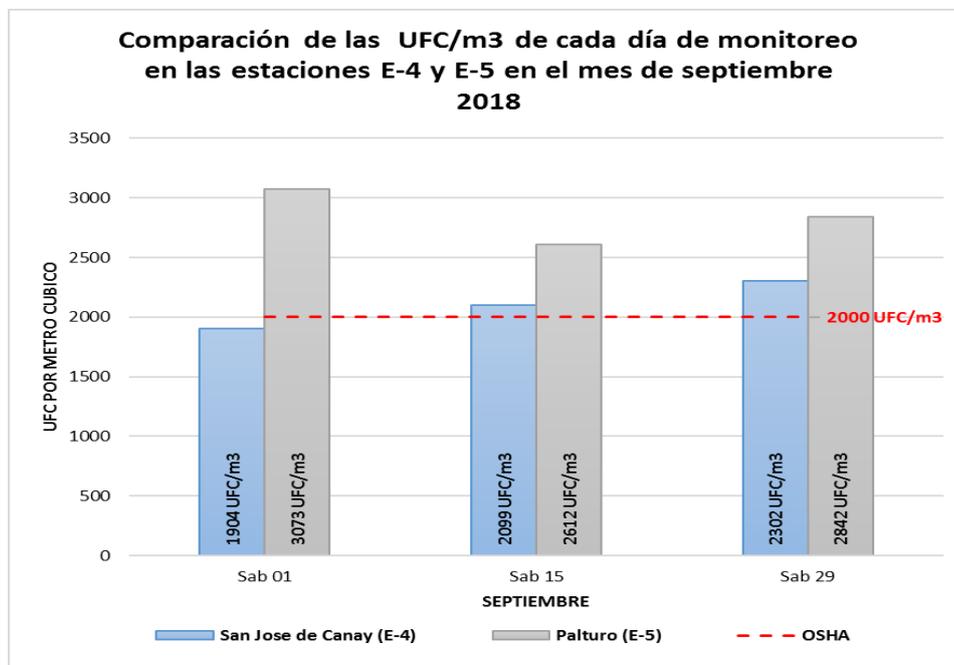


Figura 8. Comparación de los promedios de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de cada día de monitoreo en las estaciones E-4 y E-5 en el mes de septiembre del 2018.

4.1.4. 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 rosa de viento en el mes de Marzo del 2 019.

En la Tabla 16, se puede observar los resultados de la concentración de microorganismos presentes en el aire colectada en UFC/m³ en el mes de marzo del 2 019, obtenidos en las estaciones de monitoreo E-4 y E-5. Según los resultados y la figura 9, se puede apreciar que en el centro poblado de Palturo (E-5) la concentración de microorganismos es similar que en el 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, como podemos apreciar en la rosa de viento del mes de marzo (Anexo 8). También, podemos apreciar que la concentración de microorganismos es muy baja ya que en este mes tuvimos presencia de lluvias, las cuales terminan rápidamente con el proceso de dispersión y disminuyen los microorganismos en el aire; es por eso que la dirección del viento no afecta mucho a los habitantes del caserío de San José de Canay y del centro poblado de Palturo.

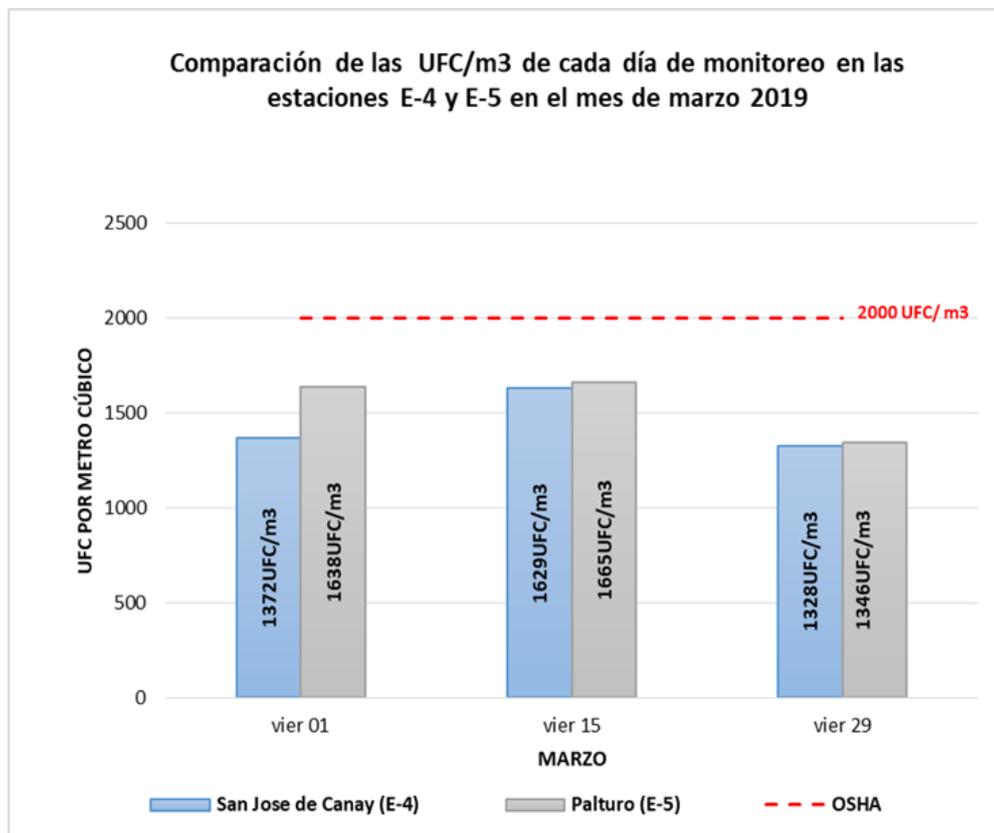


Figura 9. Comparación de las UFC/m³ de cada día de monitoreo en las estaciones E-4 y E-5 en el mes de marzo del 2019.

4.1.5. Géneros microbiológicos encontrados en las cinco estaciones de muestro en el mes de septiembre del 2018 y el mes de marzo del 2019.

Es importante realizar la identificación de las colonias fúngicas y bacteriana 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 (de la Rosa, Ullán, & Mosso, 2 000).

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 (*Chlamydomyces 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 (Benenson, 1 997).

El aire de las grandes ciudades, contaminado con derivados de la combustión de hidrocarburos, incrementan la gravedad de las infecciones respiratorias (Mims, Nash, & Stephen, 2 000). Hay numerosas enfermedades bacterianas transmitidas por el aire. Están producidas, principalmente, por bacterias gram positivas debido a su mayor supervivencia en el aire. 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). De aquí, la importancia de identificar los géneros predominantes en cada una de las estaciones de monitoreo.

4.2. Conclusiones

Se concluye lo siguiente:

- 4.2.1. Se determinó que el nivel de concentración de microorganismo en la planta de tratamientos de residuos sólidos de ciudad Cajamarca, en el mes de septiembre del 2018; supera los valores establecidos por la OSHA, en cambio en el mes de marzo no es superada. En el estudio se monitorearon cinco puntos los cuales estuvieron ubicados en: Área de influencia directa (E-1, E-2 Y E-3) ubicados dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos; Área de influencia indirecta (E-4) ubicado en el caserío de San José de Canay y la última estación de monitoreo (E-5) en el centro poblado de Palturo. Los estándares de comparación establecidos por la OSHA fundan el límite de 2 000 UFC/m³, obteniendo como resultado del monitoreo en el mes de septiembre un promedio general de 2 408 UFC/m³ este resultado nos indica que la calidad microbiológica del aire es mala y esta afecta a los trabajadores de la planta de residuos sólidos de Cajamarca y pobladores de la zona. Sin embargo, en el mes de marzo del 2 019 se obtuvo un promedio general de 1 463 UFC/m³ valor que no sobrepasa el estándar de comparación.
- 4.2.2. Se determinó que la humedad relativa influyó en forma directamente proporcional a la carga microbiológica, ya que en la mayoría de las estaciones de monitoreo se observó que a mayor humedad relativa mayor carga microbiológica presente.
- 4.2.3. Se determinó que la estación de monitoreo cinco ubicada en el centro poblado de Palturo presenta mayor carga microbiológica a comparación de la estación

de monitoreo cuatro que está ubicado en el caserío de San José de Canay debido a la dirección y velocidad del viento.

- 4.2.4. Se identificaron nueve géneros de microorganismos patógenos en las cinco estaciones de monitoreo teniendo como predominador a la bacteria Gram+ *Staphylococcaceae*, la cual produce infecciones locales de la piel y las mucosas (impétigo, foliculitis, forunculosis, conjuntivitis, etc.). Lo cual significa un gran riesgo para la salud de los trabajadores y pobladores de las zonas cercanas a la planta de tratamiento de residuos sólidos.

REFERENCIAS

- Asociación de Geógrafos Españoles . (2003). *Clima y Calidad Ambiental* . Galicia : Servicio de Publicación e Intercambio Científico Campus universitario sur 15782 Santiago de Compostela.
- Asociación de Geógrafos Españoles. (2000). *Clima y calidad ambiental*. Santiago de Compostela : Universidad de Santiago de Compostela .
- Ayora, M. (2005). *Análisis de la calidad del aire atmosférico*. Jaén: Universidad de Jaen. Obtenido de <http://www4.ujaen.es>
- Bartha, R., & Atlas, R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. España: Addison Wesley.
- Benenson, A. S. (1997). *Manual para el control de las enfermedades transmisibles*. Washington: Organización panamericana de la salud.
- Berenguer, J., & Martí, C. (2000). *Ambientes cerrados: calidad del aire*. Madrid : Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo .
- Calleja, A. (1998). *Calidad del aire interior: riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España .
- Ciencia, Tecnología y Ambiente* . (14 de Julio de 2009). Obtenido de <https://cta4d10.wordpress.com>
- Conalepfelixtovar. (26 de Septiembre de 2012). *Conalepfelixtovar*. Obtenido de Técnicas y Métodos de Aislamiento y Selección de Microorganismos: <https://conalepfelixtovar.wordpress.com/2012/09/26/tecnicas-y-metodos-de-aislamiento-y-seleccion-de-microorganismos/>
- 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>
- Departamento de Microbiología. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. En M. I. Rosa., *Observatorio MedioAmbiental* (Vol. 5). Madrid.
- Departamento de salud ocupacional. (Enero de 2011). *Procedimiento Muestreo Microbiológico de aire*. Obtenido de Instituto de salud pública de Chile: <http://www.ispch.cl/>
- Domínguez, E. (1992). *Spanish aerobiology network (REA): Management and quality manual*. Córdoba : Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.

- DUARTE, N., & ROA, S. (2018). Evaluación de la Calidad Microbiológica del Aire en la Clínica de Optometría de La Universidad la Salle. Colombia.
- Gutiérrez de Gamboa, S. (2008). *Laboratorio de microbiología – preparación de medios de cultivo*. Trujillo.
- Guzmán Fierro , L. M., & Pachón Bernal, J. A. (2016). *Protocolo de monitoreo y analisis de calidad microbiológica del aire en centros de atención médica*. Bogotá: Universidad Santo Tomas.
- Hernández, Alejandra; Marín, Andrés. (2013). *Elaboración de un protocolo de muestreo que permita evaluar la calidad microbiológica del aire*. Risaralda: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Herrera, K. (2009). *Impacto de calidad microbiología del aire externo en el ambiente interno en la salud del personal de cuatro laboratorios de instituciones públicas en la ciudad de Guatemala y Bárcena Villa Nueva* . Guatemala.
- Husman, T. (1996). Health effects of indoor-air microorganisms. *Scand J Work Environ Health*, 13.
- IBM. (2013). *Análisis de varianza (ANOVA)*. Obtenido de IBM Watson Analytics: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS4QC9/com.ibm.solutions.wa_an_overview.2.0.0.doc/analysis_of_variance_\(anova\).html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS4QC9/com.ibm.solutions.wa_an_overview.2.0.0.doc/analysis_of_variance_(anova).html)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012). Staphylococcus aureus. *Ficha de Agentes Biológicos* , 01-02.
- Izzeddin, N., Rodríguez, G. A., Medina, L., & González, L. (2017). Evaluación microbiológica de aire y superficies en quirófano de un centro de salud. *SALUS*, 18-23.
- Jaimes Albornoz, J. (2014). *Estudio de la calidad microbiológica del aire interior de la Biblioteca Agrícola Nacional (BAN) en la Universidad Nacional Agraria La Molina en base a los hongos ambientales*. Lima .
- Jones, & Harrison. (2003). Natural atmospheric microbial conditions in a typical suburban area.
- Klánová, K. (2000). *The Concentrations of mixed populations of fungi in indoor air: rooms with and without mould problems rooms with and without complaints*. Central European Journal of Public Health.
- López Tevez, L., & Torres, C. (2006). *Estudio cuantitativo de bacterias* . Ciudad de Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste .
- López, J. L., & Castillo, F. y. (2016). *Técnicas de identificación*. Obtenido de <http://media.axon.es/pdf/65248.pdf>

- M. C. De La Rosa, M. A. (2002). *El aire: hábitat y medio de transmisión*. Madrid: Departamento de Microbiología II. Facultad de Farmacia. UCM.
- 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.
- Marroquín, M. (2011). *Determinación de la carga fúngica suspendida en aire, y su relación con el padecimiento de alergias en el personal de 3 laboratorios microbiológicos*. Ciudad de Guatemala.
- MERCK . (2016). *Merckmillipore*. Obtenido de http://www.merckmillipore.com/PE/es/product/Agar-Strips-TC,MDA_CHEM-144253#anchor_DS
- Merck KGaA. (Junio de 2016). *Technical Data Sheet HYCON Agar Strips TC*. Obtenido de merckmillipore: http://www.merckmillipore.com/PE/es/product/Agar-Strips-TC,MDA_CHEM-144253#documentation
- Mims, C., Nash, A., & Stephen, J. (2000). *Mims pathogenesis of infections disease*. San Diego: Academic Press.
- MINAM. (2009). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Ecolegios/contenidos/biblioteca/biblioteca/m1_rrss_A1L1_Problematica_rrss_Peru.pdf
- Moreno Batres, M., & Paxtor Cate, J. (2014). *Determinación de la contaminación del aire por hongos*. Ciudad de Guatemala.
- Nilsson, S. (1992). *Aerobiology: An interdisciplinary and limitless science*. New Delhi: Indian journal of aerobiology.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal Provincial*. Lima.
- OSHA, O. S. (2001). *Indoor Air Quality, Occupational Safety Health Administration*. Washington D. C.: Federal Register 66:6494.
- Palacios, A. (2006). *Microorganismos del aire de la ciudad de Monterrey, N.L. México*. Monterrey.
- Palencia, A. K. (2010). *Evaluación de calidad microbiológica del aire en una planta procesadora de alimentos*. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar .

- Pernilla, L. (2013). *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*. Ciudad de Guatemala .
- Rodríguez, R., & Milena, I. (2005). *Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de la alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de puente aranda en Bogotá*. Bogotá: Universidad de la Salle .
- SENACE. (04 de Julio de 2019). *Área de influencia ambiental y social en un proyecto de inversión*. Obtenido de Blog del SENACE: <https://www.senace.gob.pe/blog/area-de-influencia-en-un-proyecto-de-inversion/>
- Vargas, K. (2011). *Indicadores microbiológicos de calidad ambiental del botadero la muyuna*. Tingo María: Universidad Agraria de la Selva .
- Wiley, J. (2000). *Environmental Toxicants: Human Exposures and Their Health Effects*. New York: Morton Lippmann.

ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE CAMPO

HOJA DE CAMPO

PROCEDIMIENTO MONITOREO

REFERENCIA: Suelos Aire Agua Otros Página 01 de 14

DATOS GENERALES

Cliente: Luis Mendoza Chugnas Fecha: 01 de septiembre del 2018
 Persona Contacto: Luz Jambo Marín Proyecto: Tesis
 Municipio: Cajamarca Departamento: Cajamarca

ESTADO: E.J.A. P.M.A. EXPLORACIÓN: CONSTRUCCIÓN PRUEBAS DE PRODUCCIÓN EXPLOTACIÓN
 PERFORACIÓN DESMANTELAMIENTO OTROS

MUESTREO

Código	Sitio de Muestreo	Fecha	Hora	UTM (UJSS-84) E	UTM (UGS-84) N	Análisis Requerido
E1	Celda que está en Menado	01/09/18	9:00Am	788544	9201316	Corteo Total de UFC
E2	Costado de la poza Lixivados	01/09/18	9:15Am	788440	9201414	"
E3	Ingreso Vehicular	01/09/18	9:30Am	788115	9201518	"
E4	E.E. 824599 San José de Cayma	01/09/18	9:45Am	788040	9200854	"
E5	C.P. Palturo - Ingreso	01/09/18	10:15Am	789735	9200296	"

ENVIO
 TRANSPORTE: AÉREO TERRESTRE EMPRESA: No. de Guía:
 FORMA DE ENTREGA: RECLAMAR PUERTA A PUERTA CANTIDAD: NEVERAS RECIPIENTES

MUESTREADO POR: 1. Mendoza Chugnas, Luis. 2. Jambo Marín, Luz.
 ENTREGADO POR: Fecha/Hora
 RECIBIDO POR: Fecha/Hora

PERSONAL RESPONSABLE: 1 FIRMA: SUPERVISÓ: Luis Mendoza Chugnas

OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES:
 Todas las muestras fueron obtenidas sin ninguna perturbación.

Figura 1: Hoja de campo utilizada para anotar las coordenadas de los puntos de monitoreo.

ANEXO 2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



Figura 2: Estación de monitoreo número cuatro (E-4), ubicada frente de la I.E. San José de Canay.

ANEXO 3. EQUIPOS PARA EL MONITOREO



Figura 3: Equipo microbiológico de aire RC, una tira de agar y el GPS.

ANEXO 4. FOTO DEL MONITOREO MICROBIOLÓGICO



Figura 4: Uso del equipo microbiológico de aire RC y también la forma de monitoreo microbiológico que se ha utilizado.

ANEXO 5. FOTO DEL AISLAMIENTO DE BACTERIA

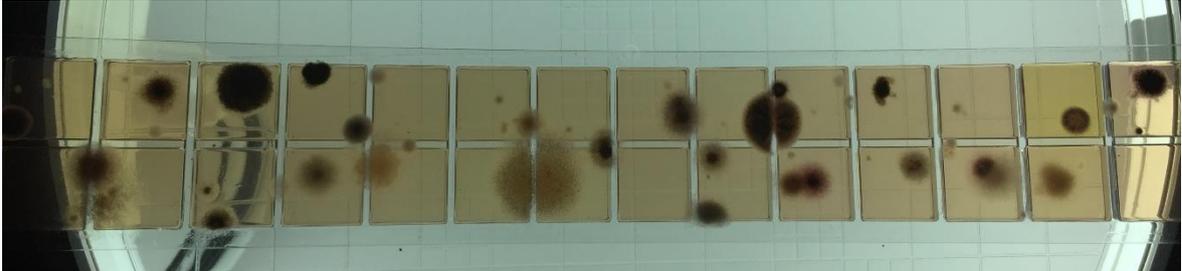


Figura 5: Formación de colonias en las tiras de agar después de la incubación.

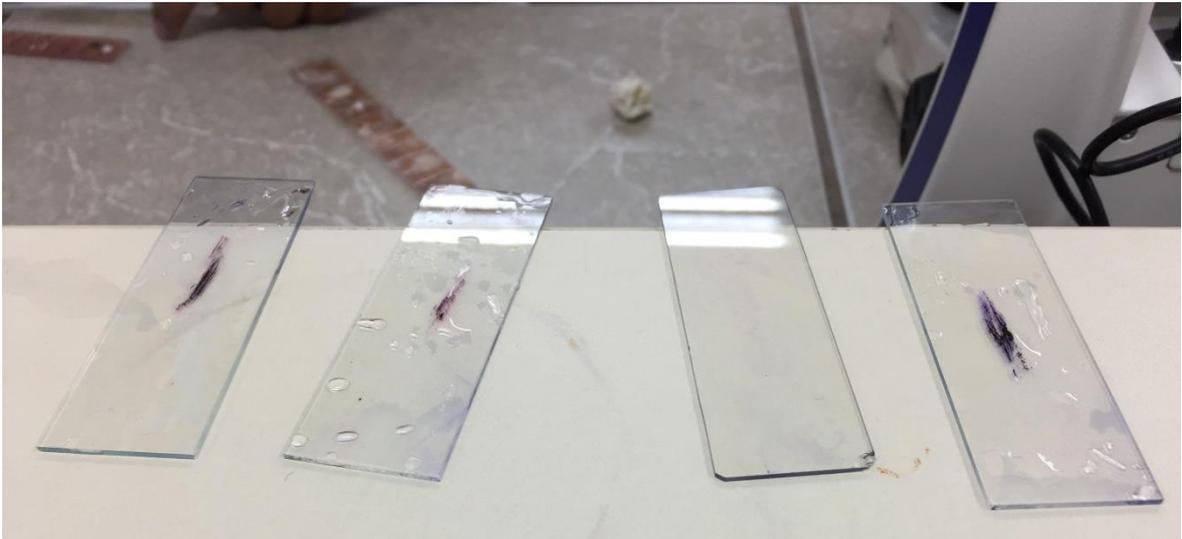


Figura 6: Aislamiento de microorganismos en cada portaobjetos.

ANEXO 6. FOTO DEL RECUESTO DE COLONIA



Figura 7: Equipo que se utilizó para el conteo de colonias en cada tira de agar.

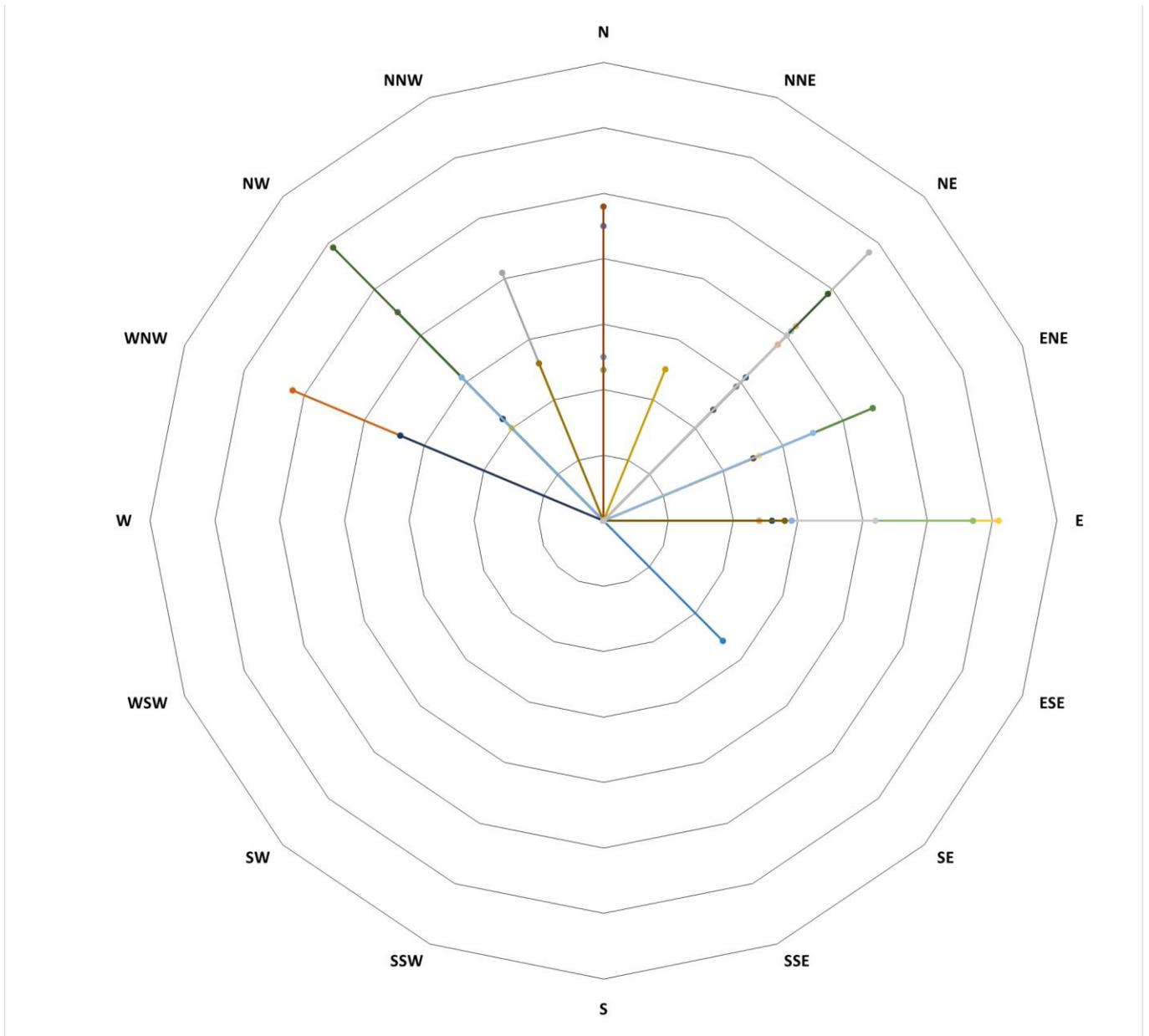


Figura 9: Rosa de viento del mes de marzo del 2019.

ANEXO 9. CODIFICACIÓN DE TIRAS DE AGAR POR CUADRICULA



Figura 10: Tira de agar con su codificación que fue brindada por cada cuadrícula.