

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CONCENTRACIÓN DE CH₄, CO₂, H₂S y CO EMITIDOS POR LOS CANALES
PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TINGO MARÍA, HUÁNUCO – 2022**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

ESPINOZA GASPAR, ROSA MARIA

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°45 -2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 30 de mayo del 2023 a horas 9:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“CONCENTRACIÓN DE CH₄, CO₂, H₂S y CO EMITIDOS POR LOS CANALES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TINGO MARÍA, HUÁNUCO – 2022”

Presentado por la Bachiller: **ESPINOZA GASPAR ROSA MARIA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del título correspondiente.

Tingo María, 20 de junio de 2023

Dr. CESAR SAMUEL LOPEZ LOPEZ
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO
MIEMBRO

Ing. MSc. SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO
MIEMBRO



Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 171 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

| | | | |
|-------|---|--------------------------|--|
| Tesis | X | Trabajo de investigación | |
|-------|---|--------------------------|--|

| TÍTULO | AUTOR | PORCENTAJE DE SIMILITUD |
|---|-----------------------------|----------------------------|
| CONCENTRACIÓN DE CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO EMITIDOS POR LOS CANALES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TINGO MARÍA, HUÁNUCO – 2022 | ESPINOZA GASPAR, ROSA MARIA | 05% Cinco |

Tingo María, 28 de junio de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CONCENTRACIÓN DE CH₄, CO₂, H₂S y CO EMITIDOS POR LOS CANALES
PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TINGO MARÍA - HUÁNUCO, 2022**

| | |
|--------------------------------------|--|
| Autor | : Espinoza Gaspar Rosa Maria |
| Asesor de Tesis | : Dr. Víctor Manuel Beteta Alvarado |
| Objetivo general | : Determinar la concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales de la ciudad de Tingo María – Huánuco, 2022. |
| Programa de investigación | : Ciencia y Tecnologías Ambientales |
| Línea de investigación | : Niveles de la contaminación ambiental |
| Eje temático de investigación | : Contaminación del aire |
| Lugar de ejecución | : Laboratorio de Microbiología General - UNAS |
| Duración | : Fecha Inicio : 15 de noviembre 2021 Fecha Término : 25 de julio 2022 |
| Financiamiento | : Propio |
| Presupuesto | : S/. 9 026,4 |

Tingo María – Perú, 2023

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado en especial:

*A mis **queridos padres JUANA GASPAR** y **ARCADIO ESPINOZA**, quienes han sido y continúan siendo los pilares de mi vida. Sus consejos, apoyo y amor han logrado formarme personal y profesionalmente, y gracias a ellos he podido culminar esta meta. Quiero que se sientan muy orgulloso de sí mismos y de lo que pueden lograr, ustedes son lo mejor que me ha podido bendecir la vida.*

*A mis **abuelitos** quienes son mis ángeles que me cuidan desde el cielo e iluminan mi camino: **CORPUS GASPAR** y **OBISPO ESPINOZA**. Ahora puedo decir que es un honor ser su nieta.*

*A mis **hermosos sobrinos YAKSUMY** y **LIAM**, son mi mayor motivación para no rendirme y poder continuar día tras día. Espero ser un ejemplo para ustedes, mis esperancitos. Y anhelo desde lo más profundo de mi ser que sigan por el mejor camino y sean mejores personas.*

AGRADECIMIENTO

- *Quiero expresar mi infinito agradecimiento a **DIOS**, quien me ha brindado fortaleza para continuar en cada momento, quien además guía mis pasos y bendice mi vida, quien pone gratas personas día tras días, gracias, mi Dios por todo y por mucho.*
- *A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**, ya que gracias a ella he recibido una formación tanto personal como profesional. Aun culminado mis estudios sigue brindando sus instalaciones, siendo el **LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA GENERAL** el cual fue vital para la ejecución del presente estudio. De igual manera, al **ING. DON RICHA**R por sus orientaciones y enseñanzas en el laboratorio, y más aún por su generosa amistad.*
- *Quiero agradecer de manera especial al **DR. VÍCTOR MANUEL BETETA ALVARADO**, debido a su gran apoyo durante todo el proceso de la tesis, desde la orientación de idea de tesis, ejecución y sustentación, ya que fue por su persona por el cual me permitió realizar esta tesis mediante sus recomendaciones, aclaraciones, dedicación y sobre todo el tiempo brindado.*
- *A mis **PADRES** por apoyarme en todo el tiempo e incluso en situaciones difíciles. También agradezco a mis hermanas **ROSMERI, YASSMINA** y **YENY** por brindarme sus consejos, cariño, engreimiento y aliento a seguir adelante.*
- *Quiero agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo durante el desarrollo de este trabajo: **Guillermo Salas, Ever Silva, Beatriz Vásquez, Cristhian Michue, Rosmeri Espinoza, Violeta Alvarado, Maria Silvera, Giovanni Rodríguez, Jessica Vásquez, Sharon Huamán, Jhonatan Sandoval** y **Pierina Ataucusi**.*

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Objetivos..... | 2 |
| 1.1.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.1.2. Objetivo específico | 2 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Antecedentes..... | 3 |
| 2.1.1. Internacionales | 3 |
| 2.1.2. Nacionales..... | 4 |
| 2.2. Marco teórico..... | 6 |
| 2.2.1. Canal pluvial | 6 |
| 2.2.2. Atmósfera..... | 8 |
| 2.2.3. Contaminación atmosférica | 8 |
| 2.2.4. Contaminantes del aire..... | 9 |
| 2.2.5. Detector de gases | 13 |
| 2.2.6. Límite de exposición permisible..... | 15 |
| 2.2.7. Microorganismos | 16 |
| 2.2.8. Contaminación odorífera | 19 |
| 2.2.9. Percepción ambiental..... | 19 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 20 |
| 3.1. Lugar de ejecución..... | 20 |
| 3.1.1. Ubicación política | 20 |
| 3.1.2. Ubicación geográfica | 20 |
| 3.1.3. Aspecto climático | 21 |
| 3.1.4. Zona de vida..... | 21 |
| 3.1.5. Actividad socioeconómica | 21 |
| 3.2. Materiales y equipos | 21 |
| 3.2.1. Materiales de laboratorio | 21 |
| 3.2.2. Reactivos y medios de cultivos..... | 21 |

| | |
|---|----|
| 3.2.3. Equipo de laboratorio..... | 22 |
| 3.2.4. Equipo de monitoreo..... | 22 |
| 3.2.5. Softwares | 22 |
| 3.3. Tipo de investigación..... | 22 |
| 3.3.1. Nivel de investigación | 22 |
| 3.3.2. Variable de estudio | 23 |
| 3.3.3. Diseño de investigación | 23 |
| 3.4. Metodología..... | 24 |
| 3.4.1. Determinación de puntos de muestreo de emisión de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO en canales pluviales | 24 |
| 3.4.2. Determinación de géneros microbiológicos en los canales pluviales | 25 |
| 3.4.3. Evaluación de la percepción de pobladores sobre el efecto de los canales pluviales en la calidad del aire | 30 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 32 |
| 4.1. Determinación de puntos de muestreo de emisión de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO en los canales pluviales..... | 32 |
| 4.1.1. Medición de concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales..... | 38 |
| 4.2. Identificación de géneros microbiológicos en los canales pluviales | 48 |
| 4.2.1. Número de microorganismos en cada punto de muestreo | 48 |
| 4.2.2. Determinación de género de microorganismos presentes..... | 49 |
| 4.3. Evaluación de la percepción de los pobladores sobre el efecto de los canales pluviales en la calidad del aire | 57 |
| 4.4. Contrastación final de hipótesis..... | 61 |
| V. CONCLUSIONES | 62 |
| VI. PROPUESTAS A FUTURO..... | 63 |
| VII. REFERENCIAS..... | 64 |
| ANEXOS..... | 85 |

ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla | Página |
|--|--------|
| 1. Efectos en diferentes niveles del metano..... | 10 |
| 2. Efecto en diferentes niveles del dióxido de carbono | 11 |
| 3. Efectos a diferentes concentraciones del sulfuro de hidrógeno..... | 12 |
| 4. Efectos en diferentes niveles de monóxido de carbono..... | 13 |
| 5. Rango de medición de gases..... | 14 |
| 6. Límite de exposición de los gases | 15 |
| 7. Distribución del tamaño de muestra por cada canal pluvial..... | 31 |
| 8. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo | 32 |
| 9. Diagnóstico de los puntos de muestreo pertenecientes a la canalización de las quebradas | 34 |
| 10. Concentración promedio de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos en cada punto de monitoreo evaluados durante mes 1, mes 2 y mes 3 | 38 |
| 11. Promedio de Número de microorganismos aeróbicos viales (NMAV) y Número de mohos y levadura (NML) en los puntos de muestreo | 48 |
| 12. Géneros de bacterias identificados en los puntos de muestreo pertenecientes a los canales pluviales | 50 |
| 13. Género de hongos identificados en los puntos de muestreo perteneciente a los canales pluviales | 54 |
| 14. Posibles soluciones para disminuir los olores desagradables | 60 |
| 15. Contrastación de hipótesis | 61 |
| 16. Reacción ante la percepción de olores desagradables | 89 |
| 17. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno mañana durante el mes 1 (9 febrero – 9 marzo)..... | 90 |
| 18. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno mañana durante el mes 2 (10 marzo – 10 abril) | 91 |
| 19. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno mañana durante el mes 3 (11 abril – 11 mayo) | 92 |
| 20. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno tarde durante el mes 1 (9 febrero – 9 marzo)..... | 93 |
| 21. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno tarde durante el mes 2 (10 marzo – 10 abril)..... | 94 |

| | |
|--|-----|
| 22. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno tarde durante el mes 3 (11 abril – 11 mayo)..... | 95 |
| 23. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO por los canales pluviales evaluados en el turno noche durante el mes 1 (9 febrero – 9 marzo) | 96 |
| 24. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno noche durante el mes 3 (10 marzo – 10 abril) | 97 |
| 25. Concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno noche durante el mes 3 (11 abril – 11 mayo) | 98 |
| 26. Numeración de unidades formadores de colonias de aire (UFC/m ³) de microorganismo aeróbicos viables (NMAV) y mohos y levaduras (NML) durante los tres muestreos | 102 |
| 27. Géneros de bacterias identificados mediante la prueba de diferenciación bioquímica | 103 |
| 28. Géneros identificados en los medios enriquecidos a través de la técnica coloración GRAM durante los tres muestreos..... | 104 |
| 29. Géneros hongos identificados durante los tres muestreos | 105 |
| 30. Temperatura (°C) y humedad relativa (%) registrados en los meses de muestreo | 106 |
| 31. Muestreo en el P1, P2 y P3 de los canales pluviales | 112 |
| 32. Identificación de los géneros bacterianos en el microscopio | 119 |
| 33. Identificación de los géneros fúngicos en el microscopio..... | 121 |
| 34. Validación del instrumento de investigación por juicio de experto | 126 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1. Ubicación de los puntos de muestreo en los canales pluviales..... | 20 |
| 2. Diseño no experimental del trabajo | 23 |
| 3. Frecuencia de presencia de los criterios de evaluación | 35 |
| 4. Característica de los puntos de muestreo..... | 37 |
| 5. Límite de exposición permisible de CH ₄ (ppm) referente a su concentración promedio de emisión en los puntos de monitoreo | 39 |
| 6. Concentración promedio de CO ₂ (ppm) emitidos en los puntos de monitoreo | 41 |
| 7. Límite de exposición permisible de H ₂ S (ppm) referente a su concentración promedio de emisión en los puntos de monitoreo | 44 |
| 8. Límite de exposición permisible de CO (ppm) referente concentración promedio de emisión en los puntos de monitoreo | 46 |
| 9. Número total de individuos por cada género de bacterias en los canales pluviales | 51 |
| 10. Número total de individuos por cada género de hongos en los canales pluviales... | 55 |
| 11. Percepción sobre la calidad del aire | 57 |
| 12. Percepción sobre olores desagradables..... | 58 |
| 13. Percepción respecto la causa de olores desagradables | 59 |
| 14. Lugar del encuestado | 86 |
| 15. Percepción sobre el nivel de afectación..... | 87 |
| 16. Intensidad de percepción respecto a los olores desagradables | 87 |
| 17. Horario de percepción respecto a los olores desagradables | 88 |
| 18. Acciones frente a la problemática | 89 |
| 19. Concentración promedio de CH ₄ evaluado en el turno mañana, tarde y noche | 99 |
| 20. Concentración promedio de CO ₂ evaluado en el turno mañana, tarde y noche | 100 |
| 21. Concentración promedio de H ₂ S evaluado en el turo mañana, tarde y noche..... | 100 |
| 22. Concentración promedio de CO evaluado en el turno mañana, tarde y noche..... | 101 |
| 23. Georreferenciación en cada punto de los canales pluviales | 107 |
| 24. Presencia de viviendas | 107 |
| 25. Presencia de colegio | 108 |
| 26. Presencia de puestos de comercios | 108 |
| 27. Presencia de animales | 109 |

| | |
|---|-----|
| 28. Disposición de residuos sólidos..... | 109 |
| 29. Vertimiento de desagüe | 110 |
| 30. Equipo portátil multigas GX – 6 000..... | 110 |
| 31. Monitoreo de gases en los canales pluviales en diferentes turnos..... | 111 |
| 32. Equipo y materiales implementados en el muestreo | 111 |
| 33. Siembra en los medios Plate Count y Sabouraud para la enumeración de colonias | 114 |
| 34. Siembra de inóculo (bacterias) en medios enriquecidos | 114 |
| 35. Crecimiento en medios enriquecidos e identificación para la siembra por método DBQ y/o coloración GRAM..... | 115 |
| 36. Siembra de inóculo por el método coloración GRAM y | 115 |
| 37. Siembra de inóculo por el método de DBQ..... | 116 |
| 38. Lectura e interpretación de los géneros bacterias por el método de DBQ | 116 |
| 39. Tabla de diferenciación de enterobacterias mediante pruebas bioquímicas..... | 117 |
| 40. Coloración GRAM | 117 |
| 41. Crecimiento y microcultivo en agar Sabouraud glucosado | 118 |
| 42. Montaje para hongos | 118 |
| 43. Visualización en el microscopio de los géneros hongos | 119 |
| 44. Encuesta a los pobladores aledaños a los canales pluviales | 124 |
| 45. Encuesta a los comerciantes aledaños a los canales pluviales..... | 124 |
| 46. Modelo de instrumento de investigación (encuesta) | 125 |
| 47. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo | 129 |
| 48. Mapa de concentración promedio de CH ₄ , CO ₂ , CO yH ₂ S emitidos en cada punto de monitoreo | 130 |
| 49. Mapa de distribución de género bacteriano en cada punto de muestreo | 131 |
| 50. Mapa de distribución de género fúngico en cada punto de muestro | 132 |

RESUMEN

En este estudio se propuso como objetivo determinar la concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales de Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos amigos y Qushuro. Para ello se seleccionaron 3 puntos de muestreo por cada canal considerando las siguientes características: presencia de animales, viviendas, comercio y colegio, vertimiento de desagüe, disposición de residuos sólidos, emisión de olores desagradables y gases; siendo evaluados durante los meses de febrero a mayo en horario de 7 – 9:30 am, 1 – 3:30 pm y de 6 – 8:30 pm.

El monitoreo de gases se realizó en los 12 puntos de muestreo con un equipo portátil multigas GX – 6 000 en los horarios establecidos, registrando las concentraciones de CH₄, CO₂, H₂S y CO, así mismo en el horario de 1- 3:30 pm se tomaron muestras microbiológicas de aire por el método volumétrico. Por otro lado, la percepción de los pobladores se efectuó mediante una encuesta formuladas por 12 preguntas.

De acuerdo con las evaluaciones de monitoreo de gases se determinó que la mayor concentración de CH₄ (925,9 ppm), H₂S (1,4 ppm) y CO₂ (31,1 ppm) se registró en el canal Qushuro, mientras que la concentración de CO (3,6 ppm) se emitió en el canal Aguas Verdes. Además, el P2 del canal Aguas Verdes presentó todos los criterios establecidos. Se identificó 22 géneros microbiológico, siendo *Bacillus* y *Staphylococcus* los más abundantes para bacterias y *Aspergillus* para los hongos. En cuanto, a la percepción de los pobladores presentó una calificación regular referente a la calidad del aire de su entorno, también, indicaron percibir olores desagradables procedentes de los canales pluviales debido al uso inadecuado.

Palabras claves: desagüe, olores desagradables, géneros microbiológicos, percepción, calidad del aire.

The Concentration of CH₄, CO₂, H₂S, and CO Emitted by Pluvial Channels in the City of Tingo Maria, Huanuco, During 2022

ABSTRACT

In this study the proposed objective was to determine the concentration of CH₄, CO₂, H₂S, and CO emitted by the Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos amigos, and Qushuro pluvial channels. In order to do this, three sampling points were selected for each channel, considering the following characteristics: presence of animals, homes, commerce, and schools, the dumping of sewage, the amount of solid waste, and the emission of undesirable odors and gasses. The evaluation was done from February to May during the hours of 7:00 - 9:30 am, 1:00 - 3:30 pm, and 6:00 - 8:30 pm.

The monitoring of the gasses was carried out at the twelve sampling points with GX-6000 portable multi-gas equipment during the established times, where the concentrations of CH₄, CO₂, H₂S, and CO were recorded. Also, during the timeframe from 1:00 - 3:30 pm, microbiological samples of the air were taken using the volumetric method. On the other hand, the perception of the townspeople was found using a survey made up of twelve questions.

According to the evaluations of the gas monitoring, it was determined that the greatest concentration of CH₄ (925,9 ppm), H₂S (1,4 ppm), and CO₂ (31,1 ppm) was recorded from the Qushuro channel, while the [greatest] concentration of CO (3,6 ppm) was emitted in the Aguas Verdes channel. Moreover, the P2 from the Aguas Verdes channel presented all of the established criteria. Twenty two microbiological genres were identified, with *Bacillus* and *Staphylococcus* being the most abundant bacteria, and *Aspergillus* [the most abundant] fungi. With respect to the townspeople's perception, the classification was "average," with respect to the quality of the air in their environment; also, they indicated that they perceive undesirable odors that come from the pluvial channels, due to inadequate use.

Keywords: sewage, undesirable odors, microbiological genres, perception, air quality

I. INTRODUCCIÓN

Desde años anteriores, el crecimiento de la población ha sido uno de los principales problemas que afectan a nivel mundial, debido a que implica una mayor demanda de recursos y espacios territoriales, lo cual genera un impacto en el medio ambiente, entre ellas se encuentra: alteración de paisaje, degradación del suelo, alteración del equilibrio hidrológico, generación de residuos, contaminación atmosférica, pérdida de biodiversidad, entre otros.

Las aguas que se encuentran en los humedales, ríos, lagos, estanques pluviales, emiten gases de efecto invernadero (GEI), desempeñando un papel fundamental en el sistema climático. Sin embargo, uno de los problemas ambientales que se viene intensificando en los últimos años es el uso inadecuado de los canales pluviales, siendo el principal causante la falta de acceso de servicio de saneamiento, lo cual vierten sus residuos líquidos y sólidos, asimismo, el estancamiento del agua de lluvia genera la proliferación de vectores y olores desagradables, perturbando en la visualización paisajista, de igual manera afectando en la salud y en el ambiente.

Con lo mencionado al párrafo anterior, los pobladores que viven aledaños a los canales pluviales, específicamente en: Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos amigos y Qushuro, no son ajenos a dicha problemática debido a que están siendo afectados por la emisión de olores desagradables e inadecuada calidad del aire, puesto que en algunas viviendas no tienen acceso al sistema de saneamiento, por ende, sus residuos generados vierten al canal pluvial. Es por ello que en el presente estudio se planteó el siguiente problema: ¿Cuánto es la concentración de CH_4 , CO_2 , H_2S y CO emitidos por los canales pluviales en la ciudad de Tingo María – Huánuco, 2022?, planteando como hipótesis que: Los canales pluviales de la ciudad Tingo María presentarán emisiones de CH_4 inferiores al 5%.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Determinar la concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales de la ciudad de Tingo María – Huánuco, 2022.

1.1.2. Objetivo específico

- Determinar los puntos de muestreo de emisión de CH₄, CO₂, H₂S y CO en los canales pluviales.
- Identificar los géneros microbiológicos en los canales pluviales.
- Evaluar la percepción de los pobladores sobre el efecto de los canales pluviales en la calidad del aire.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

En el estudio de Peacock et al. (2021) sobre la importancia mundial de las emisiones de metano de las zanjas y canales de drenaje, se centró en recopilar datos respecto a las emisiones de CH₄ a nivel mundial, conformando un total de 64 sitios, asimismo, juntaron información respecto al uso de la tierra, estado de eutrofización y clima. Mediante el análisis estadístico se obtuvo que la emisión es de $3,5 \frac{\text{Tn CH}_4}{\text{año}}$, que resulta equivalente a 0,2 – 3 % de la emisión antropogénica global de CH₄, también, a partir de la prueba estadística encontró una relación positiva entre las emisiones y temperatura, de manera similar se presentó con la eutrofización, siendo las emisiones más altas de CH₄ con cierta característica. Además, los autores mencionan que la producción y emisión del CH₄ en las zanjas y drenaje ha sido causado por las condiciones favorables, entre ellas se encontraba, acumulación de sedimentos, crecimiento de las plantas emergentes y formación anoxia.

En su trabajo de investigación, Avellaneda (2020) presentó un plan de rehabilitación del canal Rio Salitre debido al uso inadecuado del canal. A medida que la urbanización se expandía, implicó cambios en el flujo del Rio Salitre, como la descarga de aguas pluviales y alcantarillado, lo que desencadenó la acumulación de residuos, contaminación del recurso hídrico y emisión de olores desagradables. Inicialmente identificó zonas críticas con característica de baja pendiente el cual disminuye la velocidad de recorrido del agua, a partir de ello genera la formación de sedimentos y descomposición orgánica. También evaluaron la calidad del aire del canal Rio Salitre en 4 puntos de muestreo, conformados por material particulado (PM10), monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), los datos que obtuvo no superaban el valor máximo de la normativa, pero el autor menciona que para mayor certeza se debe muestrear más puntos. Al término del estudio, realizaron la percepción de los pobladores frente a la problemática, el cual indicaron que es causado por la disposición de los residuos hacia el canal lo que genera riesgo por inundación y emisión de olores desagradables.

Veloza y Misnaza (2019) realizaron un estudio para evaluar los impactos de olores emanados por la quebrada Sabaneta. El estudio consto de tres fases, en la Fase 1 realizaron un diagnóstico situacional recopilando informaciones anteriores sobre quejas

y molestias por olores ofensivos, así también, aplicaron una encuesta el cual se basó en la normativa NTC 6 012 – 1, teniendo como prioridad la percepción de los pobladores cercanos a la Quebrada Sabaneta referente a los olores ofensivos. Posterior a ello en la Fase 2 seleccionaron los puntos críticos para el monitoreo de gases generadores de olores ofensivos, siendo conformada por el H₂S y NH₃ durante 45 días. Finalmente, en la Fase 3, analizaron los datos obtenidos para establecer una clasificación de los efectos sobre la salud basada en las concentraciones mínimos y máximos de los gases. El estudio encontró que las concentraciones de gas H₂S (12 – 14 µg/m³) y NH₃ (600 – 800 µg/m³) no superan la normativa, pero aun así afectaron a la población que se encontró expuesta a los olores ofensivos por la quebrada Sabaneta, causando problemas de salud como dolores de cabeza, cambios de humor, pérdida de apetito, entre otros.

En el estudio de Gorsky et al. (2019), determinaron los flujos difusos de óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera en estanques de aguas pluviales, lo cual se tomó quince muestras durante tres meses en los horarios de 8 a 11 am. El flujo difuso de GEI estaba compuesta en mayor proporción de CH₄, seguidamente el CO₂ y en menor proporción el N₂O. Las emisiones del CH₄ mostraron una correlación negativa con la profundidad del estanque, es decir, cuanto menos es la profundidad del estanque, menor es la profundidad a que la acumulación de sedimentos queda expuesto a la atmósfera, lo que provoca la dispersión de este gas. El estudio concluyó que las emisiones de GEI sin vegetación puede mitigarse con el diseño del estanque (mayor tamaño y profundidad) a fin de reducir la formación de la metanogénesis de los sedimentos.

2.1.2. Nacionales

En el trabajo de investigación de Gutierrez (2020) sobre el impacto en la calidad ambiental por sustancias odorantes emitidos en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). El estudio consistió en aplicar encuesta basado en la NTP 290 (normativa española integrada por la MITES e INSST), la muestra fue conformada por 3 500 personas entre docentes, administrativos y estudiantes que se encontraban expuestos a los olores emitidos por la PTAR de San Gerónimo. Además, para contrastar con los datos recopilados de la encuesta realizó el monitoreo del gas H₂S por el método del Tren de muestreo dinámico. Los resultados indicaron que el 85,5 % de los encuestados percibieron olores provenientes de la PTAR, y que la sustancia odorante es generada por el H₂S a partir de las actividades realizadas por la planta de tratamiento, registrándose con 76 µg/m³ de H₂S. Como conclusión encontró que la exposición a estos olores provoca diversos síntomas como obstrucción nasal, náuseas, sequedad

en la garganta, dificultad en la respiración, irritación en los ojos, dolor de cabeza, irritación, y otros.

Canales (2019) en el distrito de Alto Selva perteneciente al departamento de Arequipa realizó el monitoreo y evaluación del CO, CO₂ y H₂S del aire, el cual comprendido de 9 puntos de muestreo escogidos según el mayor flujo vehicular. Para el monitoreo de gases empleó un detector de gases portátil de la marca Aeroqual S500, evaluadas durante los meses de julio a octubre del 2018, en horarios de mañana y tarde. Las concentraciones promedio presentó valores de 4 453,50 µg/m³ CO, 262 860 µg/m³ CO₂ y para el H₂S fue de 37,75 µg/m³, los resultados expuestos indico que los gases no superaron los estándares de calidad ambiental. Respecto, al horario de muestreo evidenciaron que el CO y H₂S fue mayor en el horario de la tarde, caso opuesto para el CO₂; el autor indicó que el aumento de concentración de gases es causado por el flujo vehicular, como también, por la temperatura el cual influye en acelerar la descomposición de los residuos sólidos ocasionado por el rio cercado al punto de muestreo.

En el trabajo de investigación realizada por Fonseca (2018) presentó como objetivo principal evaluar los niveles de monóxido de carbono (CO) presentes en el aire de la ciudad de Tingo María. Inicialmente, seleccionó 4 puntos de muestreo en la zona urbana de la ciudad, considerando el flujo vehicular como criterio de selección. El muestreo se llevó a cabo con el uso del tren de muestreo, durante un periodo de 8 horas desde las 11 am hasta las 7 pm. Las concentraciones de CO fueron inferiores a 10 000 µg/m³ (9 ppm) y con la normativa referencial del D.S. N° 009 – 2 023 no presento nivel de contaminación en el aire. El estudio concluyó que las emisiones por CO en la ciudad de Tingo María no sobrepasaron al límite máximo permisible, asimismo, la dispersión del gas ha sido influenciada por parámetros físicos como la velocidad y dirección de viento, sumándole a ello que el gas permanece por un tiempo de 1 mes, posterior a ello cambia.

Briceño (2018) llevó a cabo una investigación cuyo objetivo fue establecer una relación entre la presencia del sistema de drenaje pluvial y la calidad microbiológica del aire en las calles de Huánuco. Para ello, seleccionó 198 puntos en las intersecciones de las calles de Huánuco, dicha selección se rigió en la presencia de los drenajes pluviales y la exposición de los pobladores. Después de eso, realizó el muestreo microbiológico en 10 puntos e identificó los géneros bacterias como: *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Staphylococcus*, *Serratia*, entre otros; respecto a los hongos, estaban comprendidos por: *Aspergillus*, *Candida*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*,

Trichoderma, etcétera. Concluyendo que la presencia de sistema de drenaje pluvial afecta negativamente la calidad microbiológica del aire en Huánuco, debido a la acumulación de agua y residuos sólidos.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Canal pluvial

Un canal pluvial es un conducto abierto por donde fluye agua de forma permanente o intermitente, lo cual puede controlar las crecientes y reducir el riesgo por inundación durante la temporada de lluvias (Barrero y Beltrán, 2018; Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2006). Estos canales se encargan de evacuar, recolectar, conducir y disponer las aguas provenientes de lluvias, así como llevar las escorrentías superficiales hasta su disposición final. Sus estructuras varían dependiendo de las características del terreno y del caudal (Castillo y Vargas, 2019).

Orozco (2016), señala que los canales transportan diversos tipos de agua, siendo: escorrentía superficial procedente de las quebradas o cerros, agua de lluvia urbana descargada por colectores pluviales, exceso de agua de alcantarillas descargadas por desbordamiento durante las precipitaciones, aguas residuales, aguas combinadas provenientes de colectores pluviales o conexiones erradas, así también, descargas temporales de colectores e interceptores sanitarios.

2.2.1.1. Impacto ambiental de los canales pluviales

Según Castillo y Vargas (2019) los principales impactos son:

- Inundaciones

El crecimiento urbano afecta a la hidrología de las aguas pluviales, ya que, al disminuir la capacidad de infiltración y evapotranspiración conduce al incremento del volumen de la escorrentía, desencadenando el riesgo a inundaciones pluviales (Zubelzu et al., 2019). También, puede ser causado por el uso y mantenimiento inadecuado de los canales limitando la captación y conducción de las aguas pluviales (Alves, 2020). Otro factor que influye es la acumulación de los residuos sólidos arrojados por los pobladores, lo que genera obstrucción de la corriente de agua del canal (Fagundes, 2019).

- **Contaminación del agua**

Las conexiones de alcantarillado sanitario y la disposición de residuos sólidos provocan la degradación de la calidad de agua en los canales pluviales (Cunha, 2020). Los canales, a su vez, reciben la escorrentía superficial urbana, que contiene una variedad de contaminantes como sedimentos, nutrientes, materia orgánica, bacterias, metales e hidrocarburos (Righetto et al, 2017; Dong et al., 2017). Estos contaminantes terminan desembocando en cuerpos de agua naturales que albergan ecosistemas acuáticos con una diversidad de fauna y flora. Como consecuencia de la contaminación, produce la mortalidad de la vida acuática y facilita la propagación de enfermedades transmitidas por el agua (Cunha, 2020; Castillo y Vargas, 2019).

- **Contaminación atmosférica**

La acumulación de residuos sólidos orgánicos y el vertimiento de conexiones erradas en los canales pueden emanar malos olores debido a la descomposición de los sólidos en determinadas condiciones (Sui, 2017). Durante este proceso, se liberan gases como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) (Reyes et al., 2020; Liang et al., 2019). Tanto el CO_2 como el CH_4 son gases de efecto invernadero, que son responsables del calentamiento global (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022; Porta et al., 2018). Por otro lado, el H_2S es un gas tóxico conocido por emisión de olores desagradables (Malone et al., 2017). Estos gases pueden tener impactos negativos en la calidad del aire y en la salud humana (Malone et al., 2017; PHE, 2019; USDA, 2020).

- **Contaminación visual**

La disposición inadecuada de los residuos sólidos puede afectar significativamente en el paisaje, ya que los residuos al depositarse en diversos puntos de los canales, puede ocasionar la degradación del entorno natural, de igual manera sucede con el vertido de desagüe, producto de las conexiones domiciliarias en los canales (Avellaneda, 2020; Alves, 2020; Fagundes, 2019; Quispe et al., 2018;). Además, estas prácticas pueden generar problemas en la salud e incidir en la calidad de vida de las personas lo que dificultan la armonía con el entorno (Castillo y Vargas, 2019).

- **Generación de vectores**

La acumulación de residuos sólidos en los canales pluviales y el estancamiento de las aguas crean un entorno propicio para la proliferación de vectores, tales como roedores e insectos, incluyendo zancudos y cucarachas (Melgar y Zamora, 2021; Osejos et al., 2018). Estos

vectores representan un riesgo para la salud humana, ya que pueden ser portadores de enfermedades como el dengue y el paludismo (Ministerio de Salud [MINSA], 2018; Bernal, 2017).

2.2.2. Atmósfera

La atmósfera terrestre es la capa gaseosa que rodea nuestro planeta, siendo su principal composición: nitrógeno (78.1%) y oxígeno (20.9%), en cuanto a la menor proporción (<1%) está el CO, CO₂, CH₄, O₃ y vapor de agua (Seigneur 2019). Por lo cual, ha necesitado millones de años para conseguir la composición mencionada, asimismo, la estructura que posee es esencial para la respiración de los organismos que las habitan (Pinti, 2021).

2.2.3. Contaminación atmosférica

Se originó en el siglo XVIII con la revolución industrial, de tal forma que, reemplazaron las actividades agrícolas por la industrialización. El funcionamiento de las fábricas requería energía para poder producir mayor cantidad, lo cual se obtenía de la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo (Seigneur, 2019; Carranza, 2004). El escenario empeoró con el creciente desarrollo económico y tecnológico, aumentando la emisión de partículas y gases, dando lugar al smog fotoquímico, lluvia ácida, deterioro de la capa de ozono, disminución de los bosques e incremento del calentamiento global (Fowler et al. 2020; Placeres et al., 2006).

La contaminación atmosférica se entiende como la presencia de sustancias nocivas en la atmósfera que en concentraciones elevadas puede generar efectos tanto en la salud humana como en el medio ambiente (Ubilla y Yohannessen, 2017). De hecho, la contaminación del aire es considerada como un problema de gran relevancia y prioridad en la salud, puesto que es causante de 7 millones de muertes prematuras cada año (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2022).

2.2.3.1. Fuentes contaminantes

Los contaminantes del aire se originan por los procesos naturales, de la misma manera, por actividades antropogénicas generando gases de efecto invernadero, material particulado e incluso olores y ruidos (Ministerio del Medio Ambiente de Chile [MMA], 2018). Se agrupa en cuatro categorías, según Fino (2019):

- **Contaminantes gaseosos:** Estos contaminantes son generados principalmente por la combustión de los combustibles fósiles generados por las actividades

humanas y contribuyen en gran medida a la variación de la composición de la atmósfera (MMA, 2018). Algunos de estos gases son SO₂, NO₂, CO y O₃.

- **Contaminantes orgánicos persistentes:** Se trata de sustancias químicas tóxicas que persisten durante largos periodos de tiempo y cuyos efectos se intensifican a medida que ascienden en la cadena alimentaria (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [MITECO], 2017). Este grupo de contaminantes incluye plaguicidas, dioxinas, furanos y bifenilos policlorados PCB.
- **Metales pesados tóxicos:** Son componentes de naturales de la corteza terrestre no pueden degradarse ni destruirse, pueden transportarse por el aire e ingresar en la cadena hídrica y alimentaria. Entre ellos se encuentra plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), níquel (Ni), vanadio (Va), cromo (Cr) y manganeso (Mn) (Rodríguez, 2017).
- **Partículas:** Son pequeñas partículas que se encuentran suspendidas en el aire, generados por fuentes naturales y atmosféricas que varían según su composición y tamaño, como PM_{2.5} y PM₁₀ (World Health Organization [WHO], 2021).

2.2.4. Contaminantes del aire

Querol (2018), los contaminantes atmosféricos son sustancias que, al emitirse en la atmósfera, altera su composición natural y pueden representar un riesgo para la salud, calidad de vida, y preservación del ambiente (MMA, 2018). Algunos de los principales gases contaminantes son:

2.2.4.1. Metano

La Organización internacional de trabajo (ILO, 2018) menciona que el metano (CH₄) es un gas extremadamente inflamable (>=5 – 15 %), comprimido, sin color y sin olor, además de ser más liviano que el aire. Es el segundo gas de mayor importancia respecto a las emisiones de GEI y se genera de forma natural, producto de las reacciones anaeróbicas del metabolismo, como la descomposición anaeróbica (sin oxígeno) de la materia orgánica, desprendimiento del gas natural, etcétera, sin embargo, la mayor emisión de este gas es por la actividad antrópica representando un 60% (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2020; IPCC, 2022).

- **Daño a la salud y medio ambiente**

La emisión de metano a la troposfera puede tener un impacto considerable en el efecto invernadero y en las reacciones estratosféricas, ya que son químicamente estables y su periodo de permanencia es de 12 años (Solomon et al., 2018). Por otro lado, la exposición a concentraciones elevadas de CH₄ puede afectar a la salud humana, tal como se muestra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Efectos en diferentes niveles del metano

| Nivel de CH₄ (ppm) | Efecto en el ser humano |
|--|--|
| Bajo (< 10 000) | No causa efectos adversos para la salud. |
| Moderado (10 000 – 100 000) | Puede causar mareos, dolores de cabeza o fatiga. |
| Alto (> 100 000) | La exposición prolongada puede causar agitación, dificultad para hablar, náuseas, vómitos, pérdida de conocimiento y dolores de cabeza. En concentraciones elevadas el metano desplaza al oxígeno, privando al cuerpo de oxígeno, lo que a su vez puede provocar asfixia. |

Fuente: PHE, (2019), Ortega (2017), NWS EPA, (2015)

2.2.4.2. Dióxido de carbono

Ortega (2017) menciona que el dióxido de carbono (CO₂) es un gas sin color y sin olor, lo que representa esencial para la vida en la Tierra. Este gas puede originarse de fuentes naturales, siendo las aguas subterráneas, volcanes, e incendios forestales naturales, así como también de fuente antrópicas, incluyendo la deforestación y la quema de combustibles fósiles (Environmental Protection Agency [EPA], 2022).

- **Daño en la salud y en el medio ambiente**

La IPCC (2022) señala que el CO₂ es un gas que tiene un gran impacto en el cambio climático y contribuye al calentamiento global. Es el principal gas de efecto invernadero (76%) que a largo plazo provoca efectos negativos como el aumento del nivel del mar, la extinción de especies, la disminución de recursos hídricos, entre otros (Shivanna, 2022). Además, la exposición de niveles altos puede perjudicar en la salud humana, tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2. Efecto en diferentes niveles del dióxido de carbono

| CO₂ (ppm) | Efecto en el ser humano |
|-----------------------------|---|
| 300 - 400 | Concentración promedio en ambientes exteriores. No presenta riesgo en la salud |
| < 600 – 1 500 | Concentración aceptable en ambientes interiores |
| 2 000 – 10 000 | Las personas con enfermedades respiratorias pueden contraer tos y las personas debilitadas pueden desmayarse. También provoca somnolencia |
| 10 000 – 80 000 | Dolores de cabeza frecuente, mareos, náuseas, dificultad para respirar, aumento del ritmo cardiaco |
| > 250 000 | Pérdida de conciencia repentinamente que puede provocar la muerte |

Fuente: Datos tomado de USDA (2020), NIOSH (2018), Pietrucha (2017), Feagin (2016), Satish et al., (2012), INSHT (2000)

2.2.4.3. Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrogeno (H₂S), conocido también como ácido sulfhídrico, gas de azufre se caracteriza por ser inflamable, sin color, y tiene un olor desagradable a huevos podridos (Malone et al., 2017). Se genera de forma natural y antropogénica, con respecto a lo primero la emisión de este gas en mayor cantidad se da en volcanes, aguas termales, petróleo crudo, gas natural, también puede encontrarse como resultado de la descomposición bacteriana de la materia orgánica (ATSDR, 2016a). Respecto a la actividad antropogénica el H₂S es emitido por alcantarillas, aguas estancadas, PTAR, procesadoras de curtidos, etcétera (Elwood, 2021; ATSDR, 2016b).

- Daño en la salud y en el medio ambiente

El sulfuro de hidrógeno es un compuesto que permanece en la atmósfera por un período variable de tiempo, que puede ir desde 1 hasta 42 días, dependiendo de la época del año. Durante este tiempo, se transforma en dióxido de azufre (SO₂) y ácido sulfhídrico (H₂SO₄). Además, el H₂S puede ingresar al suelo a través de derrames en la superficie u otros eventos naturales. Sin embargo, es en el aire donde se encuentra la mayor concentración, siendo el 90% del H₂S generado por la descomposición de animales y plantas en condiciones húmedas con oxígeno limitado (Ojeda et al., 2020; Malone et al., 2017; ATSDR, 2016a)

La Tabla 3 muestra los posibles impactos en la salud cuando se registran niveles altos de concentración.

Tabla 3. Efectos a diferentes concentraciones del sulfuro de hidrógeno

| H₂S (ppm) | Efecto en la salud humana |
|-----------------------------|--|
| 0,01 | Umbral de percepción de olores |
| 1,87 – 5 | Exposición prolongada puede provocar náuseas, dolor de cabeza, dificultad para conciliar el sueño. También se presentan problemas de la vía respiratoria (constricción de bronquios) en personas asmáticas |
| 10 - 20 | Dolor de cabeza, mareos, irritabilidad, insomnio, pérdida de apetito. Además, puede provocar irritación con dolor en los ojos, nariz y garganta, |
| 93,33 - 150 | Parálisis olfatoria |
| 500 | Posible muerte en las horas posteriores |

Fuente: Malone et al., (2017), Hernández et al. (2015), Dräger (2014), OSHA (2007) y OSHA (s.f),

2.2.4.4. Monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO) no presenta sabor, olor, ni color con una densidad ligeramente inferior a la del aire (WHO, 2021). El CO se genera de manera natural, por la producción y descomposición de la clorofila; en cuanto al origen por actividad humana deriva de la combustión incompleta del carbón, debido a que hay una cantidad insuficiente de oxígeno (O) para que el combustible se quemara y se genere CO₂, lo que provoca la formación del CO. El 80% de emisión de CO a la atmósfera es causado por vehículos a motor y procesos industriales (MMA, 2018).

- Daño en la salud y en el medio ambiente

El CO genera cambios en el clima, puesto que su estada en la atmósfera provoca la formación de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono por interacción con otros gases o por medio de microorganismos (Bolaños y Chacón, 2017; Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2007). La exposición a niveles altos de CO puede provocar en la salud humana cambios fisiológicos y patológicos e incluso conllevar a la muerte (MMA, 2018). Es generado cuando el CO se une a la hemoglobina en la sangre, formando así Carboxihemoglobina (COHb), lo que reduce la capacidad para transportar oxígeno al cuerpo, (Guirola et al., 2019) (Tabla 4).

Tabla 4. Efectos en diferentes niveles de monóxido de carbono

| Concentración de CO | | Efecto en el ser humano |
|-----------------------|-----------------------|--|
| En la atmósfera (ppm) | COHb en la sangre (%) | |
| < 10 | 2 | No presenta riesgo en la salud |
| 70 – 120 | 10 – 20 | Dolor de cabeza, trastorno de equilibrio, alteraciones visuales, náuseas, |
| 120 – 220 | 20 – 30 | Mareo, trastorno de equilibrio, náuseas, vómitos, dificultad para respirar |
| 350 – 520 | 40 – 50 | Confusión, desorientación, pérdida temporal del conocimiento |
| > 800 | 60 | Disfunción cardio pulmonar, coma, muerte |

Fuente: Bolaños y Chacón (2017), Santiago (2003) y Raub y Benignus (2002)

2.2.5. Detector de gases

Es un dispositivo que proporciona la concentración de gases en tiempo real en un punto dado de la atmósfera, como también advierten en tiempo real la presencia de algunos gases peligrosos, existe distintos dispositivos según el gas o vapor que se quiere detectar lo que permite (Olivares, 2021; National Institute for Research and Security [INRS], 2010):

- Evaluar la concentración de gases peligrosos para la salud como: CO, H₂S, CL, C₂O, N₂O, NO, NH₃, entre otros.
- Estimación del contenido de oxígeno.
- Evaluar la concentración de gas combustible respecto al Límite inferior de explosividad (LIE).

2.2.5.1. GX – 6 000

Posee seis sensores de gases, donde el sensor de extracción de gases puede detectar las presencias de gases, entre ellas se encuentran el O₂, CH₄, CO₂, CO y H₂S. El principio de detección de los sensores se describe en lo siguiente (RKI, 2022):

- **Sensor de gas combustible (CH₄)**

Detecta la concentración del gas en %LEL. Utiliza un elemento catalítico para la detección. Cuando el gas reacciona con el oxígeno en el catalizador provoca un cambio en la resistencia del elemento lo cual afecta a la corriente que fluye a través de él. La corriente es amplificada por los circuitos del GX – 6 000, convertida en una medida de concentración de gas combustible, que se muestra en la pantalla LCD.

- **Sensor de CO₂**

Es un sensor infra rojo (IR), que funciona basándose en la absorción de energía de los compuestos a longitudes de onda determinadas. El sensor dispone de elementos emisores y receptores de luz que envían y reciben un haz correspondiente a la longitud de absorción de CO₂ presente en el aire, que se visualiza en la pantalla de LC.

- **Sensor de CO y H₂S**

Son células electroquímicas que está conformado por dos electrodos en un electrolito ácido diluido. La superficie del sensor es cubierta por una membrana permeable al gas, permitiendo que el gas se difunda en el electrolito. El gas reacciona en el sensor y producen una corriente proporcional a la concentración del gas requerido (CO y H₂S). La corriente es amplificada por los circuitos del GX – 6 000 convirtiéndose en una medida de concentración de gas, asimismo, se proyecta en la pantalla LCD.

Además, el GX- 6 000 tiene un diseño robusto con la finalidad de poder usarlo en ambientes más extremos. Además, está equipado con una funda extraíble de goma, lo cual le hace resistente a impactos, del mismo modo, posee una carcasa de protección resistente al polvo y al agua. Si la cantidad de gas en el ambiente supera los niveles de alarma previamente establecidos, el dispositivo emitirá señales de alarma sonora, visual y vibratoria. En la Tabla 5 se encuentran detallados los rangos de detección de los distintos gases (RKI, 2022):

Tabla 5. Rango de medición de gases

| Gas | Rango de medición | Alarma baja | Alarma alta |
|------------------|-------------------|-------------|-------------|
| CH ₄ | 0 – 100 % LEL | 10 % LEL | 50 % LEL |
| CO ₂ | 0 – 10 000 ppm | 5 000 ppm | - |
| H ₂ S | 0 – 100 ppm | 5 ppm | 30 ppm |
| CO | 0 – 500 ppm | 25 ppm | 50 ppm |

Fuente: Datos tomado de RKI (2022)

2.2.6. Límite de exposición permisible

El límite de exposición se entiende como normas de salud relacionadas con la exposición a gases, el cual limitan la cantidad o la concentración que puede estar presente en ambientes exteriores (Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2019). La Tabla 6 muestra el límite de exposición de los contaminantes en el aire según diversas organizaciones nacionales e internacionales.

Tabla 6. Límite de exposición de los gases

| Gas | Límites de exposición | Periodo | Organización |
|------------------|------------------------------|----------------|---|
| CH ₄ | 1 000 ppm ∠ 2 % LEL | 8 hr | Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) e Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) |
| H ₂ S | 0,11 ppm | 24 hr | Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Organización Mundial de la Salud (OMS) |
| | 15 ppm | 8 hr | Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) |
| CO ₂ | 5 000 ppm | 8 hr | Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) e Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) |
| | 15 000 ppm | 15 min | Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSHT) |
| CO | 9 ppm | 8 hr | Estándar de Calidad Ambiental (ECA), Agencia de Protección Ambiental (EPA) y Organización Mundial de la Salud (OMS) |
| | 31 – 35 ppm | 1 hr | Organización Mundial de la Salud (OMS), Agencia de Protección Ambiental (EPA) y |

Fuente: WHO (2021), INSHT (2020), ILO (2018), NIOSH (2018), MINAM (2017), ORTEGA (2017), Hernández et al. (2015), OSHA (2007), Gallardo (2005), EPA (2000)

2.2.7. Microorganismos

Son las formas de vida más primitivas y numerosas de la tierra, los cuales tienen la capacidad de colonizar cualquier tipo de ambiente incluyendo el aire, agua y suelo, debido a que pueden adaptarse a diversas condiciones ambientales, como temperatura, humedad, presión y pH (Buritaca et al., 2017; Pepper y Gentry, 2015). Además, desempeñan un papel fundamental en los ciclos de elementos químicos indispensables para la vida, entre ellos se encuentra el carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y azufre (Stefan et al., 2019). Los microorganismos se dividen en cuatro grupos principales: bacterias, hongos, virus y parásitos. Sin embargo, es importante destacar que algunos microorganismos también pueden causar enfermedades graves en la salud humana (Murray et al., 2021)

Según Siebielec et al. (2020), existe diversas fuentes de contaminación microbiológica del aire. Entre las fuentes naturales se encuentran la contaminación proveniente del suelo, el agua y la superficie de las plantas, donde los microorganismos pueden ser transportados por el viento, el polvo en las gotas de lluvia o por los insectos. Por otro lado, las fuentes antropogénicas como los vertederos, las plantas de tratamiento de aguas residuales, planta de compostaje y el tráfico también contribuyen a la contaminación microbiológica del aire.

Es importante destacar que la composición microbiológica del aire no solo depende de la fuente de emisión, sino también por el volumen de las emisiones, la distancia desde los lugares de mayor emisión, el tipo de microorganismo y su capacidad de supervivencia, así como las condiciones climáticas (Šantl-Temkiv et al., 2022; Ruiz-Gil et al., 2020).

2.2.7.1. Bacterias en el aire

Los géneros bacterianos que se encuentran con más frecuencia en el medio aéreo son las bacterias Gram positivas (Rojo et al., 2021): *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Clostridium*, *Micrococcus* y *Bacillus*, llegando a ser altamente resistentes (Siebielec et al., 2020; Denyer et al., 2007). Otros géneros menos comunes son las bacterias Gram negativas: *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* y *Citrobacter* (Herrera, 2009).

- Género *Bacillus*

Son bacterias Gram positiva, forma bacilar, tamaño entre 0,5 a 10 μm , aerobias o (en ciertas condiciones) anaerobias, y crece en temperaturas de 30 – 35 $^{\circ}\text{C}$ (Villarreal et al.,

2017). Además, son saprofitas, lo que significa que se alimentan de materia orgánica en su entorno. Estas bacterias tienen la capacidad de producir endospora, lo que les confiere un mecanismo de resistencia a cambios ambientales (Stefan et al., 2019). Son capaces de prevalecer en diversos ambientes, como el suelo, agua, aire, vegetación, compost y desechos (Harirchi et al., 2022).

- **Género *Staphylococcus***

Murray et al. (2021) señala que son bacterias Gram positivas, forma esférica, tamaño de 0,5 a 1,5 μm (diámetro), anaerobias facultativas, no móviles, no formadoras de esporas, y carece de cápsulas. Está ampliamente distribuido en el medio ambiente por ser un microorganismo con fácil adaptación a diversas condiciones ambientales, siendo su principal hábitat la piel y mucosa de los humanos y animales (Public Health England [PHE], 2020; Cortés et al., 2017).

- **Género *Enterobacter***

Son bacterias Gram negativas, no formadores de esporas, móviles a través de flagelos y son anaeróbicas facultativas (Davin-Regli et al., 2019). El género *Enterobacter* se encuentran distribuido en la naturaleza incluyendo el suelo, aire, agua, vegetación, aguas residuales, también forma parte de la microflora de las personas y animales (Ramirez y Giron., 2022; Wu et al., 2020).

- **Género *Hafnia***

Yin et al. (2019) menciona que son bacilo Gram negativo, anaeróbico facultativo, móvil a partir de flagelos, no formadoras de esporas. Este género se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente, en animales como aves y vertebrados, así como en alimentos y plantas. También se aíslan del tracto gastrointestinal de humanos y animales (aves, peces, mamíferos) (Janda y Abbott, 2006).

- **Genero *Pantoea***

Son bacterias Gram negativo, forma de bastón, móvil a partir de flagelos. Este género se ha aislado en diversos entornos, tales como suelo, agua, polvo, plantas, seres humanos, animales, productos alimenticios e incluso en heces humanas, demostrando su amplia distribución y adaptabilidad (Cobo et al., 2022; Acioly et al., 2017; Walteson y Stavrinides, 2015).

2.2.7.2. Hongo en el aire

Según Buritaca et al. (2017) los géneros hongos más comunes en el aire son: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Alternaria*, también puede encontrar otros géneros como *Fusarium*, *Sclerotinia* y *Ganoderma*, cuyas esporas se encuentra en el medio aéreo (Ramos y Meza, 2017).

- Género *Aspergillus*

Son hongos filamentosos (conocido también como mohos), se reproducen mediante esporas y tienden a crecer sobre sustrato con contenidos altos de humedad, principalmente en la materia orgánica en descomposición, puesto que son responsables del deterioro de los alimentos (Razzaghi-Abyaneh y Rai, 2022). El *Aspergillus* es un hongo cosmopolita que se encuentra en varios hábitats naturales. Las esporas de este hongo se dispersan fácilmente por el aire, por lo que es uno de los más frecuentes en el ambiente (Zaragoza, 2018).

- Género *Rhizopus*

Ravichandra (2022) menciona que son hongos filamentosos que se distinguen por su rápido crecimiento y expansión, así como presentar micelios blancos y esporangios negros. Se reproduce de forma asexual a través de esporangios que contienen esporas, y tiene una textura parecida a la del algodón de azúcar. Además, se consideran saprofitos (descomponedores) y se encuentra ampliamente distribuido en el suelo, en materia en descomposición, excremento de animales, (Gryganskyi et al., 2018).

- Género *Penicillium*

Es un hongo filamentosos hialino y se reproduce por esporas asexuales (conidios) siendo estos muy resistentes a la desecación (Ravichandra, 2022). El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSST, 2022) señala que requieren ambientes húmedos para crecer, por lo que es común encontrarlos en materias orgánicas en descomposición (saprofito). Además, es uno de los hongos más comunes que se encuentra en diversos ambientes como suelo, aire y entornos extremos (Saif et al., 2020; Yadav et al., 2017).

- Género *Microsporum*

Son filamentosos y es perteneciente al grupo de hongos dermatofitos, es decir, que se sitúan en zonas del cuerpo con queratina, siendo: piel, pelo, uñas y pluma,

adicionalmente, las esporas pueden sobrevivir en distintas superficies. Se pueden encontrar en los humanos, animales (felinos, caninos y roedores) y suelo (INSST, 2022; Hurst, 2019).

- **Género *Geotrichum***

Kandi et al. (2020) mencionan que es un género de hongos filamentosos con características similares a levaduras que destacan por la capacidad de formar artrosporas (esporas asexuales) (Botha y Botes, 2014). Es un hongo que se encuentra en todos los ambientes de la naturaleza como el suelo, agua, aire, alcantarillas, de igual manera está presente en la flora humana (heces y mucosidad), plantas, productos vegetales y lácteos (University of California [UCDAVIS], 2018; Bilman y Yetik, 2017).

2.2.8. Contaminación odorífera

Se define por la emisión de moléculas odoríferas al medio ambiente, lo que resulta una calidad del aire no óptimo y puede ser perjudicial para la salud y bienestar de las personas expuestas. Los olores desagradables son procedentes de diversas actividades humanas e industriales, tales como la ganadería, producción de compostajes, aguas residuales, cuerpos de agua (ríos y lagos), entre otros (Bermudez et al., 2018).

- **Efecto en la salud**

MMA (2019), informa que los efectos de la salud están relacionados con la concentración y la duración de exposición a los olores desagradables. Además, entre los compuestos más frecuentes que contribuyen a la contaminación por olores son el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco, y el tolueno (Piccardo et al., 2022). Estos compuestos pueden generar diversos síntomas, tales como cambio de estado ánimo, dolor de cabeza, dificultad para conciliar el sueño, entre otros (Se detallan de manera más precisa en la Tabla 3).

2.2.9. Percepción ambiental

Según Marques et al. (2020), los estudios sobre la percepción en tema ambiental se centran en cómo las personas perciben su entorno natural, incluyendo cómo perciben los cambios y las causas que los provocan. La percepción es la respuesta que se genera por medio de los sentidos como el olfato y la vista, y esta influencia por variables personales, permitiéndoles evaluar la calidad ambiental de su entorno geográfico (PAEG) (Hernández S., 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El estudio actual se desarrolló en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito de Rupa Rupa, lo cual constaron de dos etapas, la primera es donde se realizó el monitoreo de gases siendo los principales canales pluviales (Figura 1) que atraviesan la Ciudad de Tingo Maria, respecto a la segunda etapa se ejecutó en el laboratorio de Microbiología General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

3.1.2. Ubicación geográfica

El laboratorio de Microbiología General se ubica en las coordenadas UTM (Este: 390 555,16 m y Norte: 8 970 291,15 m), y altitud de 668 m.s.n.m.; referente a los puntos de muestreo las coordenadas se detallan en la Tabla 8. Los mencionados se ubican en la selva alta, también conocido como ceja de montaña, en la zona Nororiental central del departamento de Huánuco al margen derecho del rio Huallaga.

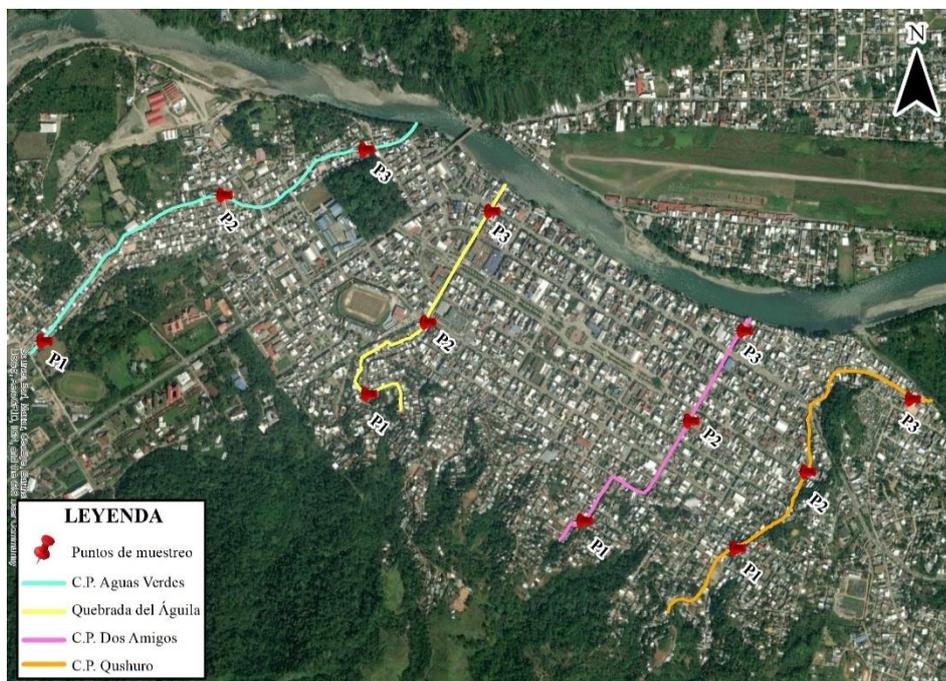


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en los canales pluviales

3.1.3. Aspecto climático

Según los datos meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2019), Tingo María presenta una temperatura media de 25,57 °C, con valores máximos de 30,4 °C y mínimas de 20,7 °C, en cuanto a la humedad relativa posee un promedio de 82,9%. y respecto a la precipitación anual tiene un valor de 3 454,6 mm.

3.1.4. Zona de vida

La ciudad de Tingo María se encuentra en bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT) según la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo propuesto por Holdridge (1982), denominado también región de la selva alta o Rupa Rupa. Además, de acuerdo a Provincias de Humedad y Regiones altitudinales pertenece a basal tropical (SENAMHI, 2017).

3.1.5. Actividad socioeconómica

La población del Distrito de Rupa Rupa es de 53 066 habitantes de los cuales 51 229 se sitúan en el casco urbano y 1 837 en zonas rurales, siendo el grupo de edad predominante de 15 - 29 años. Respecto a los servicios básicos (agua y saneamiento) 1 590 viviendas poseen agua por red pública, en cuanto a la disposición de excretas, el 63% de viviendas cuentan con red pública de desagüe y un 11% disponen hacia los canales y/o río (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales de laboratorio

En la identificación de géneros microbiológicos se emplearon los siguientes materiales: matraces Erlenmeyer, varilla de agitación, algodón, hilo pabilo, papel Kraft, jeringa (60 ml), Ceftriaxona, caja hermética de Tecnopor, mechero de alcohol, mechero Bunsen, encendedor, placas Petri, micropipeta, parafina, laminas porta objeto y cubreobjeto, soporte de vidrio en forma de herradura, asa de siembra bacteriológico, anza micológico, piseta, tubo de ensayo, gradilla, pinza, espátula, marcador indeleble, etiquetas, regla, cuaderno de apuntes, lapiceros, papel toalla, guardapolvo, mascarilla, gorro y guante quirúrgico.

3.2.2. Reactivos y medios de cultivos

Los reactivos que se usaron en el trabajo de investigación son: reactivo KOVACS, rojo de metilo, alfa naftol, KOH al 4%, suero fisiológico, cristal violeta, lugol,

alcohol acetona, safranina, azul de Amann, esmalte transparente, alcohol al 96%, lejía y agua. Además, los medios que se emplearon constan de:

- **Medios líquidos:** Caldo BHI (Brain Heart Infusion), Caldo Sabouraud (Dextrosa Sabouraud), Indol, RM (Rojo de Metilo), VP (Voges Proskauer) y Citrato de Simmons.
- **Medios sólidos:** Plate Count, Agar CLED, Agar Manitol Salado, Agar M77, Agar MacConkey, SIM, TSI (Hierro triple azúcar), LIA (Lisina - Hierro), Malonato, Urea y Agar Sabouraud Glucosado al 4% + antibiótico.

3.2.3. Equipo de laboratorio

Se utilizaron diferentes equipos, como un autoclave, baño maria, balanza analítica, microscopio electrónico, estufa, incubadora a temperatura ambiente y a temperatura graduado (37 °C).

3.2.4. Equipo de monitoreo

En el monitoreo de gases se usó el detector portátil multigas Marca RKI del modelo GX – 6 000, GPS Garmin, Termohigrómetro y cámara digital Redmi Note.

3.2.5. Softwares

Para el análisis de datos, se emplearon programas como el Software, PowerPoint y Word en su versión del 2016, Google Earth Pro, Arc Gis 10,5 y para el procesamiento de datos estadístico se usó el Software Microsoft Excel.

3.3. Tipo de investigación

La investigación básica tiene como propósito recopilar información de la realidad a fin de enriquecer el conocimiento teórico – científico, según Arias et al. (2022). Es por ello que este estudio se enmarca en el tipo de investigación básica, ya que se dio a conocer que las quebradas (o canales pluviales) son fuente de emisión de gases como CH₄, CO₂, H₂S, y CO, asimismo, se encontraron microorganismos atmosféricos.

3.3.1. Nivel de investigación

Según Mar et al. (2021), la investigación descriptiva se emplea para establecer una base de conocimiento sobre un fenómeno o situación en particular. Es decir, se recopila información sobre el objeto de estudio a fin de describirlo de manera sistemática y objetiva. En el presente estudio, se usó este nivel de investigación, debido a que se recolectaron

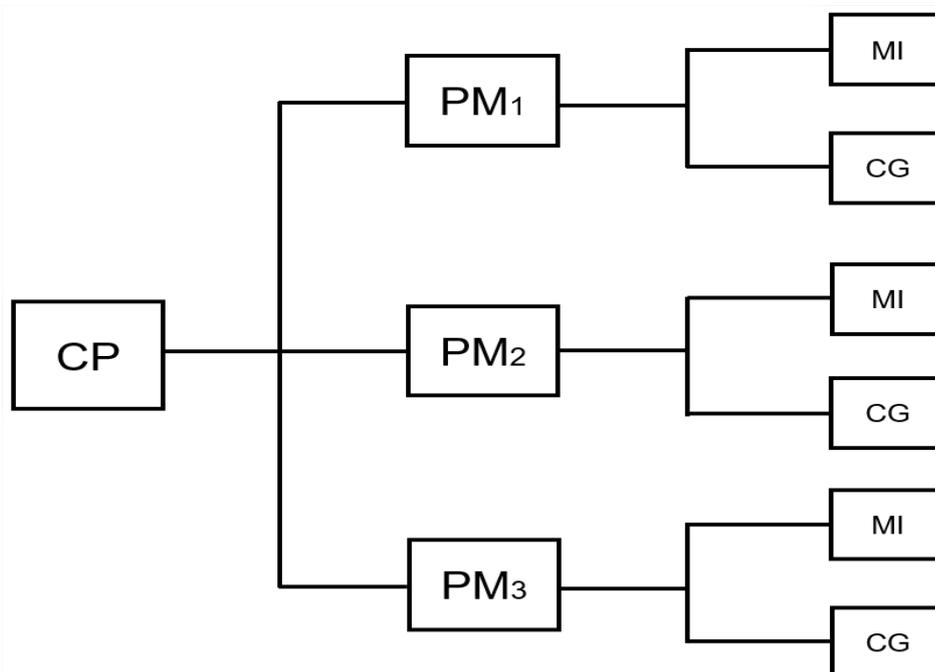
datos, como la medición de las concentraciones de CH₄, CO₂, H₂S y CO y aplicación de cuestionario (instrumento de recolección de investigación).

3.3.2. Variable de estudio

- Variables independientes: Canales pluviales
- Sub Variables: Puntos y hora de muestreo
- Variable dependiente: Concentración de gases y microorganismos
- Variables interdependientes: Temperatura y humedad

3.3.3. Diseño de investigación

El diseño está integrado por cuatro canales pluviales CP: Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro, cada uno de los canales está compuesto por tres puntos, lo que resultó un total de doce (12) puntos de muestreo: PM₁: inicial, PM₂: intermedio y PM₃: final. En estos puntos se midió la concentración de gases CG: CH₄, CO₂, CO y H₂S en horarios de la mañana, tarde y noche durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo, sumando un total de 54 lecturas. Para la identificación de géneros microbiológicos MI se realizó el muestreo en el turno tarde durante tres meses (febrero, abril y mayo).



[CP]: canales pluviales, [PM1, PM2 y PM3]: Puntos de muestreo, [MI]: microorganismos, [CG]: concentración de gases

Figura 2. Diseño no experimental del trabajo

3.4. Metodología

3.4.1. Determinación de puntos de muestreo de emisión de CH₄, CO₂, H₂S y CO en canales pluviales

Inicialmente se seleccionó 4 canales pluviales de la Ciudad de Tingo María, los cuales fueron conformados por: Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos amigos y Qushuro, posterior de ello se determinó los puntos de muestreo en el trayecto de cada canal, ubicándose cercanos a la parte inicial, intermedia y final del canal, según las siguientes características:

- Presencia de animales, presencia de viviendas, presencia de colegios y presencia de comercios.
- Disposición de residuos sólidos
- Conexión de vertimiento de aguas residual doméstica (desagüe).
- Emisión de gases (CH₄, CO₂, H₂S y CO).
- Emisión de olores desagradables.

Determinándose por conveniencia un total de 12 puntos de muestreo, luego se procedió a georreferenciarlos, tal como se detalla en la Tabla 8. En cada uno de estos puntos, se realizaron las mediciones de CH₄, CO₂, H₂S y CO utilizando el detector multigas GX – 6 000 en tres turnos del día: mañana (7 – 9:30 am), tarde (1 – 3:30 pm) y noche (6 – 8:30 pm). El monitoreo se llevó a cabo desde el 9 de febrero hasta 11 de mayo, dividiéndose en tres meses: Mes 1 (09 de febrero al 09 de marzo), Mes 2 (10 de marzo hasta el 10 de abril) y Mes 3 (11 de abril a 11 de mayo). Durante cada mes, se realizaron un total de 18 lecturas por cada punto de muestreo.

El monitoreo de los gases constó de 6 pasos, teniendo como referencia el manual del equipo GX – 6 000 (RKI, 2022):

- 1. Preparación del equipo:** se revisó que el equipo este en buen estado y calibrado antes de usarlo. También que los sensores de gases estén correctamente instalados en el dispositivo según los gases propuestos.
- 2. Localización de los puntos de monitoreo:** se ingresó a cada punto de muestreo.
- 3. Encendido del equipo:** el equipo GX – 6 000 se mantuvo presionado durante 3 segundos, donde emitió un sonido, posteriormente la pantalla se visualizó en un interfaz de 5 segundo.

4. **Medición de gases:** En función de tiempo real del equipo, se procedió a medir los gases presentes en los canales, asegurando que la manguera este en contacto directo con el aire, es decir se colocó a unos 20 - 30 cm sobre el agua del canal.
5. **Registro de datos:** Se registró los valores de los gases medidos en el equipo, la hora y la fecha de medición.
6. **Finalización de la medición:** Se finalizó la medición presionando el botón de apagado del equipo.

En el proceso del análisis de datos se determinó la concentración promedio de emisión de CH₄, H₂S, CO₂, y CO en cada punto de muestreo durante los turnos de mañana en los meses de estudio. Asimismo, se compararon los valores obtenidos con las normas de límite de exposición permisible establecida por NIOSH, OSHA y ECA.

3.4.2. Determinación de géneros microbiológicos en los canales pluviales

Para determinar los géneros microbiológicos se realizó la toma de muestra en cada punto de muestreo perteneciente a los cuatro canales pluviales durante el turno tarde, en los meses de febrero, marzo y mayo. Además, es preciso mencionar que la metodología empleada se basó en el Protocolo de prácticas en Microbiología General propuesto por López (2015).

A. Preparación de medios para el muestreo

- Bacterias

En cada matraz se agregó 100 mL de agua y 3,7 g de BHI granulado, y con movimientos circulares se homogenizaron, después se tapó con algodón y se envolvió con hilo pabilo. Una vez que el procedimiento se realizó para los 11 matraces restantes se sometieron a la autoclave a una presión de 15 PSI.

- Hongos

En cada matraz se agregó 100 mL de agua y 3 g de Sabouraud, seguidamente se hizo movimientos en forma circular para homogenizarlo, después se tapó con algodón y se envolvió con hilo pabilo. Posterior a ello, se hizo el mismo procedimiento para los 11 matraces restante lo cual fueron llevados a la autoclave con presión de 15 PSI. Justo antes del muestreo se agregó el antibiótico ceftriaxona a cada matraz, teniendo en cuenta que el mechero se encontraba en la parte frontal.

B. Muestreo de aire

El muestreo de aire se efectuó por el método volumétrico. En cada punto de muestreo se realizaron 18 a 20 aspiraciones de aire utilizando una jeringa de 60 mL previamente esterilizada, y, el contenido de cada aspiración se descargó en dos matraces donde uno contiene caldo BHI (para bacterias) y el otro caldo Sabouraud (para hongos) teniendo al lado encendido el mechero de alcohol, seguidamente se tapó el matraz con algodón y papel Kraft, se envolvió con hilo pabilo y se guardó en la caja hermética, posteriormente se llevó al laboratorio.

C. Enumeración de colonias

- Bacterias

En un matraz se agregó 300 ml de agua y 6,75 g de agar Plate Count, se realizó movimiento circular hasta homogenizarlo, seguidamente se llevó al baño maria hasta su ebullición por un tiempo de 30 min aproximado.

Una vez que se preparó el medio se empleó el método de recuento en placa, que consistió en sacar 0,1 μ l de la muestra del matraz con BHI (obtenida en el muestreo), y se hecho en una placa Petri previamente esterilizada, seguidamente se agregó 10 ml Plate Count y se realizaron cinco movimientos circulares tanto para la derecha como para la izquierda y cinco movimientos en forma ocho (8). Después que se solidifico el medio, se llevó las placas juntamente con los matraces a la incubadora a 37 °C por 48 horas, el procedimiento se llevó a cabo para las 11 placas restantes.

- Hongos

Se adicionaron 300 ml de agua y 19,5 g de agar Sabouraud Dextrosa en un matraz, se homogenizó mediante movimientos circulares y se calentó en baño maria hasta alcanzar su punto de ebullición, lo que tomó aproximadamente 30 min.

Seguidamente, para la enumeración de colonias se empleó el mismo método de recuento de placa, donde se extrajo 0,1 μ l de la muestra del matraz con agar Sabouraud (obtenida en el muestreo), luego se vertió en una placa Petri y se adicionó 10 ml de agar Sabouraud 4% previamente se añadió 1 g de antibiótico ceftriaxona, posteriormente se realizó cinco movimientos a la derecha, izquierda y en forma infinito dejando solidificar por 5 min. Después, se cubrió con parafina y se llevó a incubar a temperatura ambiente durante 5 días juntamente con los matraces. Este procedimiento se realizó para las 11 placas restantes.

Transcurrido el tiempo mencionado tanto para bacterias y hongos se procedió al conteo de colonias. La fórmula que se empleó para la enumeración de microorganismo (M.O) es la siguiente:

$$\text{Número de } \frac{\text{UFC}}{\text{m}^3} \text{ de aire} = \text{N}^\circ \text{ de colonias} \times \text{Factor K} \dots (1)$$

Donde:

N° : Número de colonias contabilizadas

Factor K : Factor que emplea el diámetro de la placa de 9 cm (K=80)

3.4.2.1. Identificación de bacterias

Primero se preparó los medios enriquecidos (Cled, Manitol Salado, MacConkey y M77) y se vertió en cada placa Petri. El inóculo de la muestra se extrajo con un asa bacteriológica de los matraces que fueron incubados a 37 °C durante 48 horas, y la siembra se realizó en forma estría, este procedimiento se aplicó para las 48 placas Petri, donde por cada punto de muestreo se obtuvo independientemente siembras en medio de Cled, Manitol Salado, MacConkey y M77. Posteriormente, se incubaron las placas con los medios CLED, MacConkey y Manitol Salado a 37 °C por un periodo de 24 - 48 horas, mientras que el medio con el agar M77 se incubó a temperatura ambiente por 48 horas.

La identificación de géneros microbiológicos (bacterias) se realizó por diferenciación bioquímica y coloración GRAM, en ambos procedimientos se extrajo el inóculo a partir de los medios enriquecidos (Cled, Manitol Salado, MacConkey y M77).

A. Diferenciación bioquímica

Para la siembra de utilizaron tubos de ensayo previamente preparados con diferentes medios como: Indol, SIM, RM, VP, TSI, LIA, Citrato de Simmons, caldo Malonato y Urea. Los métodos de siembra empleados fueron lo siguiente:

- **Para los caldos** (Indol, RM, VP y Malonato): el inóculo se extrajo con el asa bacteriológico y se introdujo en el medio con movimiento circular (enjuague).
- **En los medios en forma de columna** (SIM y Urea): el inóculo extraído por el asa bacteriológico se introdujo hasta la mitad del medio.
- **Para el medio en forma de tubo inclinado** (Citrato de Simons): con el asa bacteriológico se extrajo el inóculo y se introdujo al ras del tubo de ensayo y seguido se realizó un movimiento en forma de estría.

- **En los medios de forma de pico de flauta** (LIA y TSI), se sacó el inóculo con el asa microbiológico y se introdujo al ras del tubo de ensayo exactamente hasta la mitad y posteriormente se hizo un movimiento en forma puntura y estría respectivamente.

Posteriormente se llevó a incubar todos los tubos de ensayo a 37 °C por un periodo de 48 horas. Transcurrido el periodo se procedió a realizar las lecturas, lo cual se utilizó 4 reactivos para el Indol, SIM, RM y VP, donde:

- **Prueba Indol:** Se agregó 3 gotas del reactivo KOVACS (reacción inmediata, anillo rojo es positivo en caso no reacciona es negativo).
- **Prueba SIM:** Se añadió 3 gotas de reactivo KOVACS (reacción inmediata, anillo rojo, presencia de H₂S y motilidad dan como resultado positivo, en caso no hay reacción alguna es negativo).
- **Prueba Rojo de Metilo (RM):** Se agregó 3 gotas de colorante rojo de metilo (reacción inmediata, color rojo da positivo, en caso no reacciona es negativo)
- **Prueba de Voges Proskauer (VP):** Primero se añadió 3 gotas de KOH al 4% y seguidamente 3 gotas de Alfa Naftol, se esperó de 10 a 15 min para la lectura (cambio a color rosado opaco resulta positivo, en caso no hay reacción es negativo)

Una vez realizadas las lecturas, se procedió a comparar en la Tabla de diferenciación bioquímica de enterobacterias (Ver Anexo E, Apéndice 4, Figura 39), permitiendo así la identificación del género bacteriano en los puntos de muestreo.

B. Coloración Gram

El primer paso fue el aislamiento lo cual consistió en extraer el inóculo de cada placa con medio enriquecido (agar Cled, Manitol Salado, MacConkey, y M77) previamente se identificaron para la coloración.

En una lámina de portaobjeto se agregó 1 gota de suero fisiológico y se añadió el inóculo de la placa con medio enriquecido con el uso del asa bacteriológica, donde se mezcló y se expandió un poco. Finalmente se secó con el mechero (frotis) considerando que la lámina no podía estar mucho tiempo expuesto al mechero.

Para el siguiente paso se usó 4 reactivos de la siguiente manera: En las láminas del frotis se agregó cristal violeta y lugol por 1 min con 30 seg, considerando que se lavó a chorro en cada culminación de tiempo, luego se agregó acetona por 5 seg con un movimiento

vaivén y transcurrido el tiempo se lavó a chorro, por último, se agregó safranina por un tiempo de 30 seg donde el lavado también fue a chorro. Se dejó secar con ayuda de un mechero y posteriormente se observó las bacterias en el microscopio electrónico con un lente objetivo de 100X.

3.4.2.2. Identificación de hongos

Inicialmente, se preparó el medio enriquecido (Agar Sabouraud glucosado al 4% + antibiótico) y se vertió en cada placa Petri dejando solidificar. Se sacó el inóculo de la muestra de los matraces que se habían incubado a temperatura ambiente durante 5 días con una anza micológica y se sembró en forma estría con goteos, el procedimiento se realizó para los 12 matraces. Después, se colocó parafina a cada placa Petri se incubó a temperatura ambiente por un periodo de 5 - 8 días.

A. Microcultivo para hongos

En cada placa Petri se colocó un soporte de vidrio (forma de U) y encima una lámina de vidrio con un cubreobjeto, todos estos materiales se esterilizaron en la estufa. Además, se preparó el agar Sabouraud glucosado al 4% agregando antibiótico y se vertió en una placa Petri dejando solidificar, luego se procedió a marcar en pequeños cuadrados de 20 x 20 x 10 mm.

Una vez culminado el procedimiento, se calentó una espátula metálica en el mechero para cortar los cuadrados (cubito) del agar solidificado, y con una pinza se puso sobre la lámina. A continuación, se extrajo el inóculo de las muestras que habían sido incubadas a temperatura ambiente durante 8 días, y se colocó encima del cubito utilizando el anza micológico, sobre ellos se cubrió con el cubre objeto, además se colocó un algodón húmedo dentro de la placa Petri y se dejó incubar a temperatura ambiente por un periodo de 8 a 10 días.

B. Montaje para hongo

Transcurrido los 8 días en un portaobjeto nuevo se agregó 2 gotas de azul de Amann y con una pinza se puso encima el cubreobjeto que se llevó incubar por 10 días, posteriormente se secó el exceso de azul de Amann y se selló con un esmalte transparente los lados laterales, el procedimiento fue similar para el cubreobjeto nuevo, solo que ahí se colocó el portaobjeto que se incubó retirando el cubito a un recipiente con lejía.

Por último, todas las láminas se observaron en el microscopio con un lente objetivo de 40X, lo que permitió la identificación de los géneros hongos presentes en los puntos de muestreo.

3.4.3. Evaluación de la percepción de pobladores sobre el efecto de los canales pluviales en la calidad del aire

El instrumento de investigación que se implementó es la encuesta y está comprendido por 14 preguntas, de las cuales 3 fueron datos geográficos (edad, sexo y lugar). Referente a las 11 preguntas están enfocadas a la percepción de los pobladores sobre el efecto de los canales pluviales en la calidad del aire, teniendo las siguientes características (Ver formato en Anexo F, Apéndice 1).

- 2 preguntas con respuesta de Si y No.
- 2 preguntas con respuestas abiertas.
- 2 preguntas con escala tipo Likert.
- 2 preguntas con escala tipo numérica.
- 3 preguntas con alternativa múltiple.

Después, se evaluó la encuesta formulada mediante el juicio de experto, integrado por 9 especialistas que validaron y aprobaron el cuestionario. Para su aplicación se delimitó la muestra de estudio, la cual estuvo conformadas por las viviendas de los pobladores que viven aledañas a los canales pluviales. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2(N - 1) + Z^2 * P * Q} \dots (2)$$

Donde:

- n : Tamaño de muestra
- N : Tamaño de población (383)
- Z : Coeficiente según nivel de confianza (1,96)
- P : Porcentaje de población a evaluar (0,5)
- E : Error máximo permitido (0,05)
- Q : Población que no conoce respecto al tema a tratar (0,5)

Utilizando la fórmula correspondiente, se determinó que el tamaño de muestra requerido para la investigación es de 192. Además, en la Tabla 7 se proporciona información detallada sobre el número de viviendas encuestadas en cada canal pluvial. Cabe destacar que el proceso de recolección de datos se llevó a cabo durante el mes de julio.

Tabla 7. Distribución del tamaño de muestra por cada canal pluvial

| Canal pluvial | Población | Muestra |
|----------------------|------------------|----------------|
| Aguas Verdes | 143 | 72 |
| Qushuro | 97 | 49 |
| Dos Amigos | 81 | 41 |
| Quebrada del Águila | 62 | 31 |
| Total | 383 | 192 |

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de puntos de muestreo de emisión de CH₄, CO₂, H₂S y CO en los canales pluviales

En la Tabla 8 se muestran las coordenadas geográficas de los 12 puntos de muestreo ubicados en los canales pluviales de Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro, que presentan características de mayor relevancia para el estudio. Estos canales abarcan grandes longitudes, atravesando la ciudad de Tingo María y desembocando en el río Huallaga. La altitud de estos puntos oscila entre los 647 y los 680 m.s.n.m.

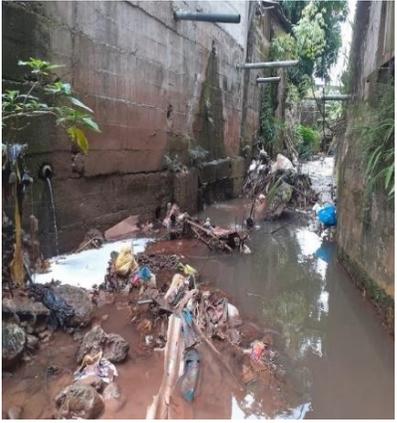
Tabla 8. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

| Descripción | Puntos | Este | Norte | Zona | Altitud (m.s.n.m.) |
|---------------------|--------|------------|--------------|------|--------------------|
| Aguas Verdes | P1 | 390 157,35 | 8 970 148,95 | 18 L | 658 |
| | P2 | 389 658,00 | 8 970 772,58 | | 653 |
| | P3 | 389 501,11 | 8 971 267,20 | | 656 |
| Quebrada del Águila | P1 | 390 335,74 | 8 971 290,31 | 18 L | 680 |
| | P2 | 390 092,65 | 8 971 480,20 | | 656 |
| | P3 | 389 711,89 | 8 971 702,21 | | 651 |
| Dos Amigos | P1 | 390 773,40 | 8 972 022,86 | 18 L | 677 |
| | P2 | 390 432,12 | 8 972 392,95 | | 648 |
| | P3 | 390 122,57 | 8 972 578,75 | | 647 |
| Qushuro | P1 | 390 868,35 | 8 972 553,47 | 18 L | 670 |
| | P2 | 390 606,92 | 8 972 798,34 | | 664 |
| | P3 | 390 35608 | 8 973 161,39 | | 651 |

Los puntos de muestreo que conforma el estudio presentaron las mismas características en P1, P2 y P3 de los canales de Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos Amigos y de Qushuro, respecto a la disposición de residuos sólidos y vertimientos de desagüe hacia las quebradas. El producto de estos vertimientos juntamente con el agua que se encuentra en los canales, genera la emisión de olores desagradables, de igual manera, de gases como CH₄, CO₂, H₂S y CO. Atrayendo a su vez diversos animales, entre ellos se encontraban *Rattus norvegicus* (rata gris), *Coragyps atratus* (gallinazo), *Ardea alba* (garza blanca), *Anopheles* (mosquito) y *Poecilia reticulata* (guppy), con la excepción de la Quebrada del Águila y de Qushuro, debido a que estaban cubierto con material concreto.

Además, otro de las características que se presentó en todos los puntos de muestreo, ha sido la presencia de viviendas alrededor de las quebradas e incluso en algunos puntos estaban sobre los canales pluviales. A diferencia, de los puestos de comercio como bodegas, cafetería, avícola, botica y ferretería que solo se observaron en el P2 y el P3 de los canales de Aguas Verdes, Quebrada del Águila y de Dos Amigos. También, solo en un punto se evidencio la institución educativa de nivel primario, situándose en el P2 de la quebrada de Aguas Verdes (Tabla 9).

Tabla 9. Diagnóstico de los puntos de muestreo pertenecientes a la canalización de las quebradas

| Característica | Canal pluvial | | | | | | | | | | | |
|---|--|----|----|---|----|----|--|----|----|--|----|----|
| | Aguas Verdes | | | Quebrada del Águila | | | Dos Amigos | | | Qushuro | | |
| | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 |
| Vivienda | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Colegio | No | Si | No | No | No | No | No | No | No | No | No | No |
| Comercio | No | Si | Si | No | Si | Si | No | Si | Si | No | No | No |
| Animales | Si | Si | Si | Si | Si | No | Si | Si | Si | Si | Si | No |
| Residuos | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Desagüe | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Gases (H₂S, CO, CH₄, CO₂) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Olores | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Imagen |  | | |  | | |  | | |  | | |

La Norma OS.060 atribuye que sí la precipitación es mayor de 10 mm durante 24 horas se debe contar obligatoriamente con un sistema de alcantarillado pluvial (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2006). En la ciudad de Tingo María supera dicha precipitación, alcanzando valores hasta 149,7 mm durante 24 horas (SENAMHI, 2019), asimismo, en el estudio de Manrique De Lara (2022) el comportamiento de la precipitación evaluado desde el año 1990 hasta 2020, registró el valor mínimo mensual de 26,9 mm y máxima de 815,2 mm.

En el estudio se pudo apreciar que la canalización de las quebradas de Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro son quienes conducen la escorrentía de las precipitaciones pluviales hacia el río Huallaga. Estas quebradas también son usadas para evacuar las conexiones de desagüe provenientes de los habitantes aledaños. Sin embargo, Leon y Toledo (2019) mencionan que estas evacuaciones deben realizarse de manera separada y conectarse independientemente. Debido a que las conexiones erradas afectan a la calidad hídrica por el vertimiento de residuos fecales y actividades domésticas, producto de ello genera olores desagradables, emisión de gases y aumento de vectores. Por lo tanto, tiene un impacto tanto al medio ambiente como a la salud de los habitantes expuestos (Orozco, 2016; Avellaneda, 2020).

Los criterios que se presentaron en todos los puntos (100%) fue la presencia de vivienda, comercio, colegio, animales, disposición de residuos sólidos, evacuación de desagüe, emisión de olores desagradable y gases. Respecto al criterio de evaluación con menor frecuencia, ha sido la presencia de colegio con un valor de 8% (Figura 3).

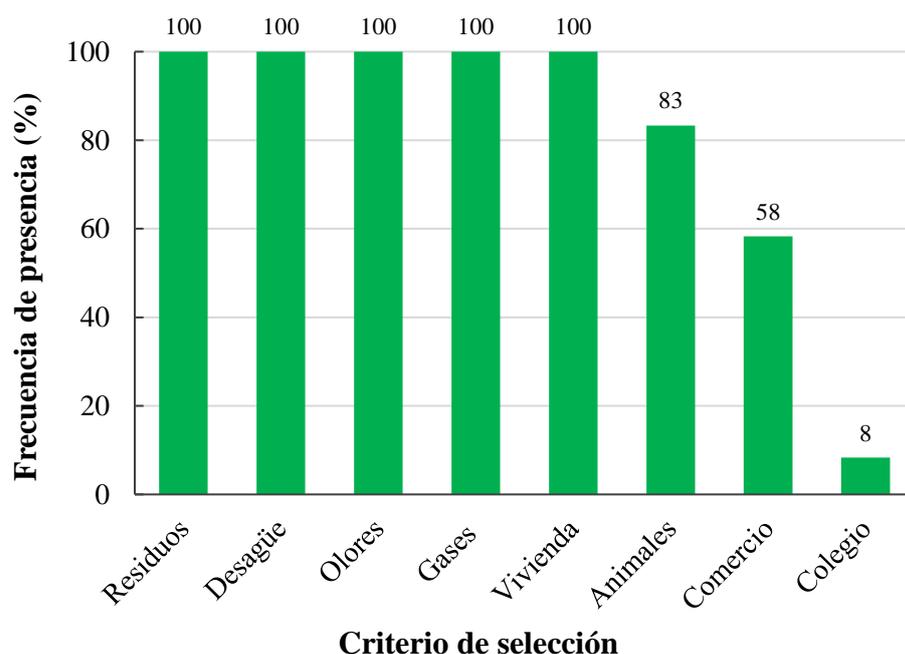


Figura 3. Frecuencia de presencia de los criterios de evaluación

De acuerdo con Veloza y Misnaza (2019) uno de los problemas que afecta a las quebradas es la disposición final de los residuos generados por los pobladores cercanos (Fagundes, 2019). En nuestra investigación, se identificó que los residuos más comunes que se encontraron en las quebradas fueron restos de alimentos (cáscara de verduras y frutas, huesos, sobra de comida), restos vegetales, residuos sanitarios (toallas higiénicas, pañal y papel higiénico), plásticos (bolsas, vasos, botellas, envases descartables, envoltura de alimentos), metal (caño, calamina y catres de cama), cartón, cuaderno, tela, entre otros. Estos resultados coinciden con el estudio de Castillo y Vargas (2019) el cual reportó que la composición de residuos en canales y drenajes es de origen domiciliario como restos de alimentos, restos vegetales, plástico (utensilios descartables y plástico no retornable), papeles, caja de cartón, entre otros (Guillermo y Jorge, 2011).

En relación a la acumulación de residuos en las quebradas, Bernal (2017) indica que esta práctica genera un efecto de taponamiento que obstruye la corriente de agua pluvial, lo que provoca el estancamiento del agua y atrae la proliferación de vectores como roedores, insectos y aves, entre otros, aumentando la posibilidad de los habitantes expuestos a contraer enfermedades cutáneas, gástricas, respiratorias e infecciones (Burbano, 2011). Además, nuestro estudio identificó que la acumulación de los residuos se debió a la obstrucción del escombro de construcción y conexiones de tubería de agua potable, en P1 de la Quebrada del Águila y P3 del canal Dos Amigos, respectivamente.

Ante lo mencionado, la disposición inadecuada de los residuos y el vertimiento de aguas residuales domésticas en las quebradas pueden causar alteraciones en el entorno natural y afectar negativamente la estética del paisaje. Este impacto visual puede tener un efecto adverso en la salud mental de los residentes y transeúntes que viven cerca de las quebradas (Fagundes, 2019; Quispe et al., 2018; Espigares y Pérez, s.f.).

Durante el estudio, en los puntos de muestreo se registraron emisiones de gases como CH_4 , CO_2 , H_2S y CO , concordando con Espigares y Pérez, (s.f.) y el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2012), quienes mencionan que los gases emitidos en aguas residuales están compuestos principalmente por el oxígeno (O), dióxido de carbono (CO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), metano (CH_4) y amoníaco (NH_3), siendo los dos primeros gases que se encuentran en todo cuerpo de agua expuesto al aire, mientras que el H_2S , CH_4 y NH_3 son producto de la descomposición de residuos orgánicos generados por efluentes de las conexiones erradas y agua de lluvia.

Además, en nuestro estudio también destacó la presencia de olores desagradables provenientes de los canales pluviales. Según el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia [MinSalud], 2012) explica que estos olores son resultados de la emisión de gases producto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, siendo el H_2S el principal causante (Malone et al., 2017).

En la Figura 4 se observa que el punto de muestreo con todas las características fue el punto dos (P2) de la quebrada de Aguas Verdes (AV – P2), debido a que se encontraron los 8 criterios de evaluación establecidos (presencia de residuos, desagüé, viviendas, comercio, colegio, animales, olores y gases). En contraste, el punto tres (P3) de la quebrada Qushuro presentó la menor característica con un valor de 75%.

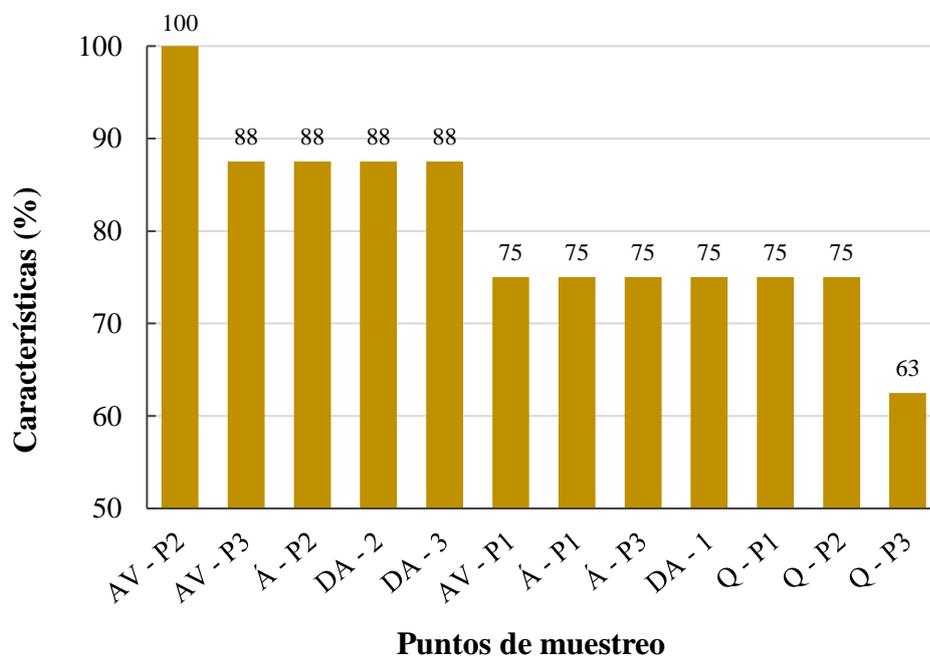


Figura 4. Característica de los puntos de muestreo

Para la selección de los puntos de estudio, Veloza y Misnaza (2019) se basaron en los principales problemas que se presentan en la quebrada, como la disposición inadecuada de los residuos, el vertimiento de las conexiones erradas (falta de sistema de alcantarillado) y la exposición de las personas que viven cerca de la quebrada; los puntos que presentaron todas estas características lo atribuyeron como la zona más crítica. De manera similar se consideró estos criterios en el estudio de Burbano (2011), sumándole el estancamiento de aguas residuales, proliferación de vectores y molestia por olores en los canales. En relación a los resultados de nuestro estudio, coincidimos con los criterios de evaluación planteados por los autores a fin de determinar los puntos de muestreo.

4.1.1. Medición de concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales

Se muestra las concentraciones promedio (ppm) de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos en cada punto de monitoreo, durante el mes 1 (9 febrero – 9 marzo), mes 2 (10 marzo – 10 abril) y mes 3 (11 abril – 11 mayo). La mayor concentración de CH₄, CO₂ y H₂S fue emitida por el canal Qushuro, siendo el P3 que registró el mayor valor de CH₄ y H₂S con valores de 925,9 ppm y 1,4 ppm respectivamente; el CO₂ la mayor concentración se registró en el P1 con un valor de 31,1 ppm. Respecto a las concentraciones más bajas de los gases, se registró en el P2 del canal Dos Amigos, siendo los valores de 703,7 ppm de CH₄, 22,6 ppm de CO₂ y 0,9 ppm de H₂S; las emisiones más bajas del CO presentaron un valor de 2,3 ppm en el P1 del canal Qushuro, tal como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Concentración promedio de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos en cada punto de monitoreo evaluados durante mes 1, mes 2 y mes 3

| Canal pluvial | Puntos | Gases (ppm) | | | |
|---------------------|--------|-----------------|-----------------|------------------|-----|
| | | CH ₄ | CO ₂ | H ₂ S | CO |
| Aguas Verdes | P1 | 731,5 | 23,0 | 1,0 | 3,2 |
| | P2 | 759,3 | 24,4 | 1,2 | 3,6 |
| | P3 | 851,9 | 27,4 | 1,3 | 3,0 |
| Quebrada del Águila | P1 | 805,6 | 26,3 | 1,0 | 2,7 |
| | P2 | 787,0 | 27,0 | 1,1 | 3,4 |
| | P3 | 907,4 | 25,2 | 1,2 | 3,2 |
| Dos Amigos | P1 | 888,9 | 28,1 | 1,2 | 3,3 |
| | P2 | 703,7 | 22,6 | 0,9 | 2,8 |
| | P3 | 796,3 | 24,4 | 1,0 | 2,9 |
| Qushuro | P1 | 870,4 | 31,1 | 1,2 | 2,3 |
| | P2 | 842,6 | 26,3 | 1,0 | 2,5 |
| | P3 | 925,9 | 29,6 | 1,4 | 3,0 |

Se muestra la concentración promedio del CH₄ (ppm) con relación al límite de exposición permisible (NIOSH = 1 000 ppm) en cada punto de monitoreo perteneciente a los canales pluviales (Figura 5), donde los valores obtenidos se encuentran debajo del límite de exposición permisible según NIOSH, siendo el P3 del canal Qushuro el valor más alto de concentración con 925,9 ppm, en cuanto a la menor concentración está dada por el P2 del canal Dos Amigos que muestra la menor concentración con 703,7 ppm

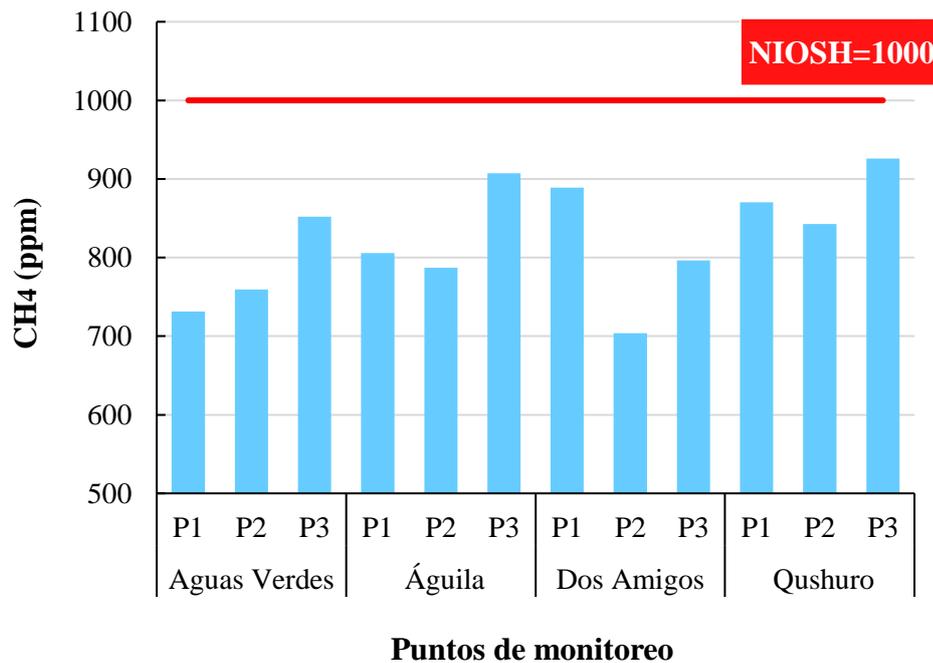


Figura 5. Límite de exposición permisible de CH₄ (ppm) referente a su concentración promedio de emisión en los puntos de monitoreo

En el sistema de alcantarillado combinado, Mendoza (2019) realizó el monitoreo de la concentración de CH₄, registrando valores entre 617 ppm y 810 ppm. Nuestros resultados mostraron valores promedio de CH₄ que concuerdan con esos rangos, variando desde 703,7 ppm hasta 925,9 ppm. Sin embargo, Ibrahim (2010, citado en Foley, 2011) realizó mediciones de este gas en el sistema de alcantarillado y registró valores entre 1 000 a 50 000 ppm de CH₄. De manera similar, Liu et al. (2014), realizaron dos mediciones de la concentración de CH₄, donde la primera evaluación registro valores desde 7 000 a 12 000 ppm, y durante la segunda evaluación, la concentración del CH₄ oscilaba entre 15 000 y 29 000 ppm. Siendo los valores superiores a nuestro estudio.

En cuanto a la mayor concentración de CH₄ está dada por el P3 del canal pluvial Qushuro y Quebrada del Águila, ambos puntos se encontraba cubierto de material concreto, así también presentaba una pequeña abertura donde se emitía la concentración del

gas, Guisasola et al. (2008), Liu (2015), Minamy y Takata (1997, citado en Gutierrez et al. 2011) mencionan que en los sistemas cerrados la presión es superior a la del aire, por lo cual se acumula y produce emisión de CH_4 en mayor concentración. Asimismo, Guisasola et al. (2008) y Liu (2015) indica que la concentración de CH_4 aumenta a lo largo del canal, por lo que en los resultados obtenidos se puede corroborar con lo mencionado (Figura 5), siendo los canales Aguas Verdes, Quebrada del Águila y Qushuro donde tienen mayor concentración de CH_4 en el último punto (P3) de cada canal.

En el presente estudio, se observó que la mayor proporción de residuos vertidos en los canales, son de origen orgánico, tales como restos de comida, de frutas y verduras, cáscaras, entre otros, de manera muy similar que indica el estudio de caracterización de residuos de la (MPLP, 2021). Además, Liu (2015), Grinham et al. (2018), Gorsky et al. (2019), Peacock et al. (2021) y Pollard (2021) afirman que la formación del metano en canales pluviales es resultado final de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, dicho proceso es conocido como metanogénesis. Esto se pudo constatar en P1 de la Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro, como también P3 del canal Aguas Verdes puesto que se encontraba mayor disposición de residuos a diferencia que los demás puntos, lo que genero una emisión de metano en concentraciones medias.

Purkait y Chakrabarty (2015) y EPA (2014) mencionan que los residuos sólidos provenientes de las aguas residuales domésticos conjuntamente con el lavado de superficies terrestres durante los eventos de lluvia provocan la formación de sedimentos en el fondo del canal por lo que contribuye en la producción de CH_4 , así mismo, cuando la materia orgánica se descompone en los sedimentos, acelera su proceso generando concentraciones de CH_4 (Liu, 2015; Gorsky et al., 2019). Ante lo descrito se puede percibir en el canal Aguas Verdes, como también, los puntos P1 de la Quebrada del Águila y canal Dos Amigos.

Por otra parte, Chaosakul et al. (2014) hace referencia que, el mantenimiento inadecuado del canal ocasiona estancamiento en un tiempo prolongado del agua pluvial simuladamente el agua residual domestica (sistema de alcantarillado combinado) generando condiciones favorables que permite la formación y emisión de CH_4 , lo expuesto se denomina tiempo de retención hidráulica (TRH) (Liu, 2015; Gorsky et al., 2019). Considerando lo mencionado, se puede observar en los canales, específicamente, siendo P1 y P3 del canal Dos Amigos, así como también P1 de la Quebrada del Águila, lo cual presentaron concentraciones moderadas de CH_4 .

Se realizaron mediciones del CH₄ en los turnos mañana, tarde y noche (Ver Anexo B, Apéndice 4, Figura 19) obteniéndose una concentración promedio de 622,7 ppm, 1 044 ppm y 800,9 ppm, respectivamente. Según Gorsky et al. (2019), Gutierrez et al. (2011), Liu (2015) Pollard (2021) y Peacock et al. (2021) la temperatura está directamente relacionada con la concentración de CH₄, lo que significa que a mayores temperaturas se genera una mayor descomposición anaeróbica de la materia orgánica, aumentando las emisiones de CH₄. Por otro lado, en el estudio realizado por Purkait y Chakrabarty (2015) en su estudio indican que el nivel del agua en los canales disminuye debido al aumento de temperatura y a la reducción de actividades domésticas, dejando expuestos los sedimentos, en cuanto al turno noche, la temperatura disminuye, sin embargo, el sedimento queda en mayor exposición que en la tarde, en consecuencia, se libera el CH₄ en forma de ebullición (burbujas) (Pollard, 2021) (Grinham et al., 2018). En nuestros resultados se registraron valores más altos de CH₄ en el turno tarde seguido por el turno noche.

A partir de la Figura 6, se puede visualizar la concentración promedio de CO₂ (ppm) en cada punto de monitoreo, destacando que el punto con mayor concentración se encuentra en P1 del canal Qushuro, con un valor de 31,1 ppm, mientras que el valor más bajo corresponde al punto P2 del canal Dos Amigos con 22,6 ppm. Cabe destacar que los valores obtenidos se encontraron por debajo del límite de exposición permisible según OSHA (5 000 ppm).

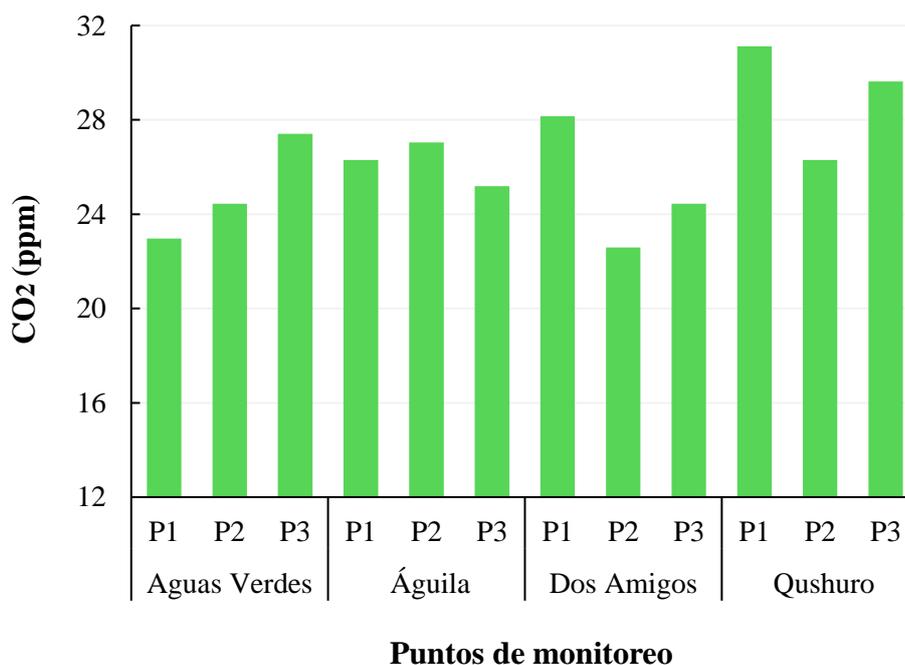


Figura 6. Concentración promedio de CO₂ (ppm) emitidos en los puntos de monitoreo

Llumiyinga y Ubidia (2007) e Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSHT, 2000] mencionan que la concentración de CO₂ en ambientes exteriores alcanza valores entre 300 y 400 ppm, aunque en nuestro estudio registraron valores inferiores, sin embargo, estaban dentro del límite de exposición permisible establecida por OSHA (5 000 ppm). Por otra parte, Alzamora y Poblete (2012) en su estudio referente al monitoreo de la calidad del aire evaluado en siete puntos de estudio durante tres años, presentó concentraciones de CO₂ que oscilaron desde 11 a 113 ppm, lo cual concuerda con los datos obtenidos.

Según Rodríguez et al. (2004), la materia orgánica es el principal constituyente de las aguas residuales domésticas, lo cual son provenientes de restos de alimentos, detergentes, desecho fisiológico y actividades domésticas. Estos contaminantes son transformados en compuestos más simples por acción de microorganismos, del mismo modo sucede con la descomposición de la materia orgánica, generando así la producción de CO₂ (MINAM, 2012; Instituto Municipal de Planeación de Mérida [IMPLAN], 2021). En el presente estudio se ha identificado una situación similar, puesto que el vertimiento de desagüe y la disposición final de los residuos en los canales han sido fuentes de emisión de CO₂. Además, en P1 de la Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro, asimismo en P3 del canal Aguas Verdes, se puede contrastar mejor, debido a que había mayor presencia de materia orgánica a diferencia de los demás puntos, por ende, la mayor emisión de CO₂ estaba comprendido por los puntos descrito.

Li et al. (2020) y Maucieri et al. (2019) afirmaron que la vegetación emergente en los humedales de aguas pluviales puede absorber dióxido de carbono (CO₂) producto de la actividad fotosintética, asimismo, precisa que el CO₂ es liberado a la atmósfera mediante la respiración de las plantas (Mota et al., 2011). Además, Picek et al. (2007) señala que la emisión de CO₂ en mayor concentración estaba comprendida por área sin vegetación, lo que se pudo evidenciar en P2 y P3 de la Quebrada del Águila y canal Qushuro, lo cual presentaban baja e incluso escasa cobertura vegetal, representando concentraciones medias de CO₂.

Según Hu et al. (2017), la emisión de CO₂ aumenta en eventos de drenaje y disminuye en condiciones de inundación. Por otra parte, Deng et al. (2020) hace referencia que la concentración de CO₂ está relacionada negativamente con la profundidad del suelo. Añadiendo a lo descrito, Norberg et al. (2018) considera que la profundidad óptima de suelo para reducir la emisión de CO₂ es de 30 cm, del mismo modo, contribuiría en el drenaje

del agua. En nuestro trabajo, P1 y P2 del canal Aguas Verdes, como también, el P2 del canal Dos Amigos, presentaron las emisiones más bajas de CO₂ a una profundidad aproximada entre 30 y 20 cm, lo cual corrobora con los autores mencionados.

Se realizó las mediciones de CO₂ evaluadas en el turno mañana, tarde y noche, obteniendo la concentración promedio de 20,7 ppm, 32,1 ppm y 26 ppm, respectivamente (Ver Anexo B, Apéndice 4, Figura 20). Maucieri et al. (2019) y Norberg et al. (2018) afirman que la temperatura es un factor crucial que regula la velocidad de los procesos microbianos, es decir, la temperatura influye de manera positiva en la producción de CO₂. Lo mencionado concuerda con los resultados obtenidos, debido a que la mayor temperatura se registró en el turno tarde, donde la concentración de dióxido de carbono era la más alta.

Por otro lado, Deng et al. (2020) en su investigación presentó mayor concentración de CO₂ durante la noche que en el día, Mota et al. (2011) y Li et al. (2020) explican que las emisiones de CO₂ durante la noche son causadas por la respiración vegetal, mientras que durante la mañana es absorbido por las plantas para la actividad fotosintética. Además, en la noche se reduce las actividades domésticas, como también, la superficie del canal queda en mayor exposición por el descenso del nivel de agua ocasionado por la temperatura, Betancourt (2013) menciona que la emisión de CO₂ es mayor cuando la superficie queda en mayor exposición a la atmósfera, resultado por el proceso de oxidación del metano producido por los sedimentos (Loaiza, 2016). Ante lo descrito se puede corroborar en el presente estudio, debido a que la concentración media del CO₂ está comprendido por el turno noche, y menor concentración por el turno mañana.

La Figura 7 presenta la concentración promedio de H₂S (ppm) en relación con el límite de exposición permisible (ECA = 0,11 ppm) en cada punto de monitoreo de los canales pluviales. Los valores obtenidos en todos los puntos de monitoreo superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), siendo el valor más alto registrado en el P3 del canal Qushuro con 1,4 ppm, en cuanto al valor más bajo de concentración de H₂S se registró en el P2 del canal Dos Amigos con 0,9 ppm.

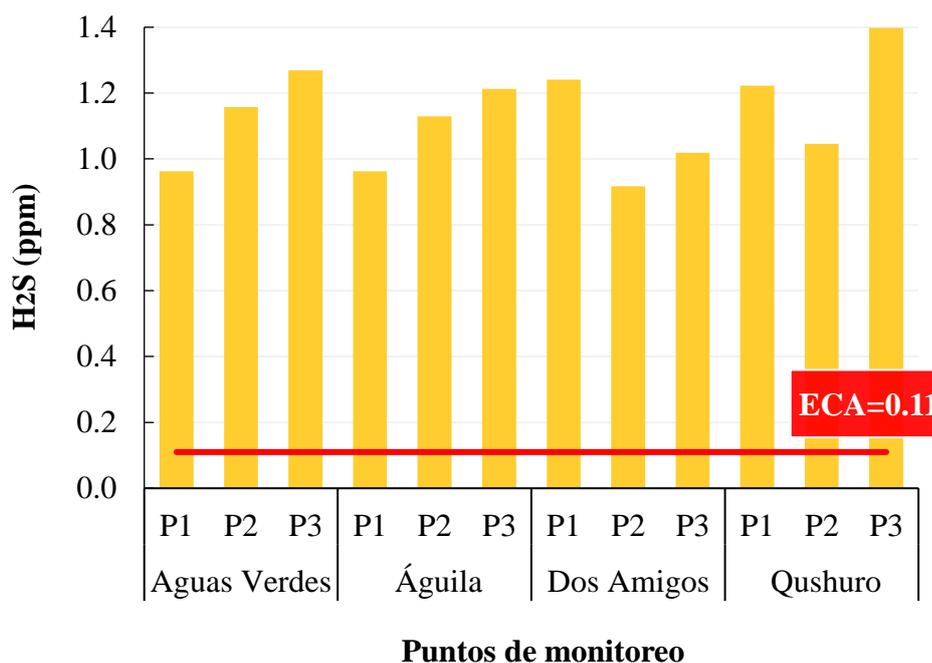


Figura 7. Límite de exposición permisible de H₂S (ppm) referente a su concentración promedio de emisión en los puntos de monitoreo

Gamboa y Cubas (2022) evaluaron la concentración de H₂S en la Ciudad de Tarapoto, y encontraron emisiones menores que el ECA (<0,11 ppm). De manera similar, Farroñán (2017) en el monitorio de la calidad del aire, reportó valores inferiores a 0,11 ppm de H₂S. Sin embargo, en nuestros resultados la concentración de H₂S superó el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido por MINAM (2017). Por otro lado, la ATSDR (2016b) señala que la concentración de H₂S producto aguas residuales oscilan entre valores menores de 1 a 5 ppm. Con lo mencionado, en el presente trabajo los valores obtenidos estuvieron dentro de lo establecido, con una concentración mínima de 0,9 ppm y una concentración máxima de 1,4 ppm.

En la Figura 7 se puede observar que la concentración del H₂S aumentaba según su trayecto, siendo el punto final (P3) el que presentaba la mayor concentración. Según Gutierrez et al. (2011), la concentración de H₂S aumenta en los sistemas de alcantarillado combinado a medida que el agua residual se acerca a su punto final. También, Moreno-Silva et al. (2020) hace referencia que en los puntos finales se acumula en mayor cantidad materia orgánica, lo que genera altas concentraciones de H₂S. Los resultados obtenidos en este estudio respaldan esta afirmación, ya que se registró la mayor concentración de H₂S en el P3 de los canales pluviales, conformados por Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro.

Nudman (2009) menciona que el sulfuro de hidrógeno se encuentra en las aguas residuales domiciliarias producto de la descomposición orgánica por acción de los microorganismos anaeróbicos (Burgos, 2003; MinSalud, 2012), como también, por la reducción de sulfatos presentes en el agua. Los sulfatos pueden ingresar al agua residual por su forma inorgánica, lo cual es procedente de actividades domésticos con contenido de detergentes (Elizondo, 2004). En el trabajo de investigación, los canales pluviales contenían aguas residuales generado por las actividades domésticas y desechos fisiológicos, asimismo, la disposición de residuos que en mayor proporción era perteneciente a restos de alimentos, vegetales, entre otros. Los puntos más representativos con mayor contenido de residuos fueron el P1 de la Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro, asimismo en P3 del canal Aguas Verdes. Liang et al. (2019) indican que altos niveles orgánicos en las aguas residuales generan mayor producción de H_2S , lo que podría explicar la formación y emisión del sulfuro de hidrógeno en los canales pluviales.

En el estudio realizado por Villaraigosa (2011) se afirma que cuando el agua residual permanece en los canales por un tiempo prolongado (TRH), se crean condiciones anaeróbicas que favorecen la generación y aumento de la concentración de H_2S . De manera similar, ocurre en los sedimentos, según los resultados obtenidos por Liang et al. (2019) atribuye que la emisión más alta de H_2S se debe a una mayor acumulación de sedimentos. Ante lo expuesto, el tiempo de retención hidráulica se puede apreciar en el P1 del Quebrada del Águila, como también, en P1 y P3 del canal Dos Amigos. Con respecto a la acumulación de sedimentos está representada por el canal Aguas Verdes, a su vez por los puntos P1 de la Quebrada del Águila y canal Dos Amigos.

Se realizaron mediciones de H_2S durante los turnos mañana, tarde y noche, cuyos valores promedios fueron de 0,6 ppm, 1,7 ppm y 1,1 ppm, respectivamente (Ver Anexo B, Apéndice 4, Figura 21). Estudios de Lozada y Giraldo (2019) y Elizondo (2004) han destacado la influencia de la temperatura en la producción de H_2S en aguas residuales, a razón que a temperatura más altas acelera la actividad microbiana anaeróbicas de bacterias, lo que genera una mayor formación del H_2S . De manera similar sucede en la descomposición de residuos, donde las temperaturas más altas conducen a una mayor producción y emisión de H_2S (Liang et al., 2019). Los resultados obtenidos en este estudio reflejan esta relación, ya que se observó la mayor concentración de H_2S en la tarde. Canales (2019) también informó de una mayor concentración de H_2S durante el turno tarde en su estudio, mientras que Gallardo (2005) registró una mayor concentración en el turno noche posterior a ello el turno tarde, haciendo

referencia que la temperatura del aire es más fría, lo que hace que el H_2S no se disperse rápidamente. Estos hallazgos respaldan la relación entre temperatura y producción del H_2S , así como la variación en la concentración de H_2S durante diferentes turnos.

Se muestra la concentración promedio de CO (ppm) en cada punto de monitoreo con relación al límite de exposición permisible (ECA = 9 ppm) (Figura 8). Los valores registrados en los puntos de monitoreo estaban dentro de lo establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), siendo la mayor concentración de CO en el P2 del canal Aguas Verdes con 3,6 ppm, y en cuanto a la concentración más baja se situaba en el P1 del canal Qushuro con 2,3 ppm.

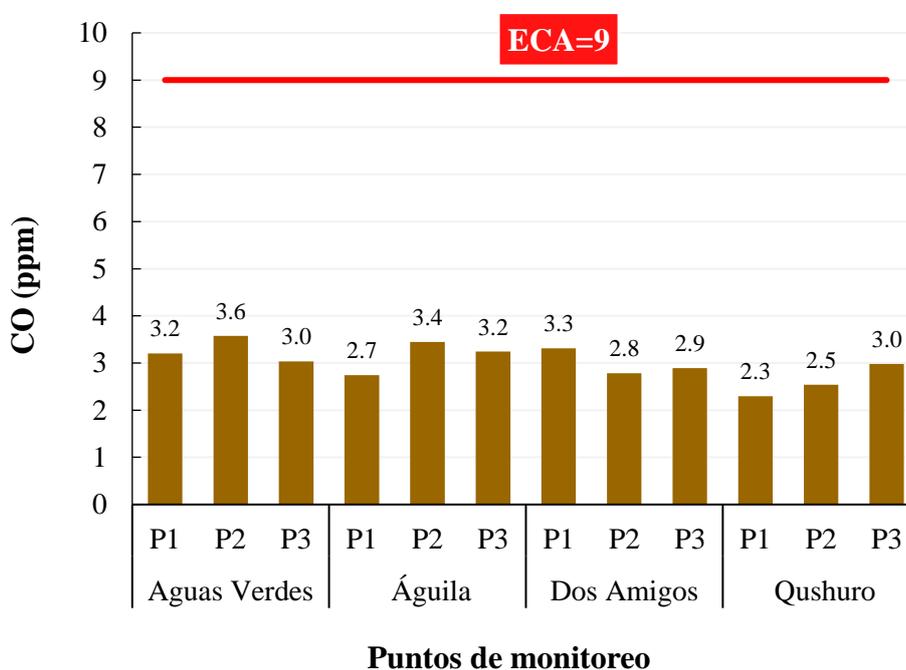


Figura 8. Límite de exposición permisible de CO (ppm) referente concentración promedio de emisión en los puntos de monitoreo

El estudio realizado por Avellaneda (2020) presentó una concentración promedio de CO con un valor de 0,44 a 0,79 ppm, siendo evaluadas durante el año 2015 – 2016, en 3 puntos de monitoreos situadas en el canal del Río Salitre, asimismo, tenía una problemática similar a nuestro estudio respecto al uso inadecuada del canal (mezcla agua residual doméstica, aguas de lluvias y residuos). En otro estudio, Reátegui et al. (2021) midieron la concentración de CO en 12 puntos pertenecientes a la Ciudad de Pucallpa, obteniendo valores que oscilaron entre 3,07 ppm y 4,79 ppm. Del mismo modo, Fonseca (2018), hizo el monitoreo de este gas en la Ciudad de Tingo Maria durante el año 2017, registrando un valor máximo de CO con 4,3 ppm. Cabe destacar que todos estos valores se encontraron por debajo del límite permisible

establecido por la Normativa Peruana ECA (9 ppm). En el presente estudio, se obtuvo el valor más alto de CO con 3,6 ppm, lo que coincide con los resultados de los autores mencionados, a su vez con la Normativa Peruana.

ATSDR (2012) establece que el monóxido de carbono tiene un tiempo de permanencia en la atmósfera de aproximadamente dos meses. Por otro lado, en su investigación Molina (2013) afirma que el monóxido de carbono liberado en el ambiente permanece por un mes en la atmósfera. En nuestros resultados (Ver Anexo B) se puede constatar lo mencionado, debido a que la concentración de monóxido de carbono evaluados emitidos en los canales presentó una variación entre el mes 1 (9 febrero – 9 marzo), mes 2 (10 marzo – 10 abril) y mes 3 (11 abril – 11 mayo).

La acumulación del CO se da en lugares donde no existe ventilación, como también por una baja circulación del aire (Ortega, 2017), sumando a lo indicado, Moreano y Palmisano (2012) en su investigación acerca de la contaminación atmosférica por CO señalaron la importancia del viento en la dispersión del contaminante, es decir, cuanto mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración del CO. Respecto al presente estudio, los puntos de monitoreo se encontraban al aire libre, lo que favorece a una buena circulación del aire, a excepción del P3 de los canales Qushuro y Quebrada del Águila que se situaban cubiertos.

En este trabajo de investigación, se realizó el monitoreo CO en tres turnos diferentes: mañana, tarde y noche (Ver Anexo B, Apéndice 4, Figura 22), se obtuvo una concentración promedio de 1,9 ppm, 4,2 ppm y 2,9 ppm, respectivamente. Marin (2019), en su estudio, midió la concentración de CO en los mismos turnos, y registro la mayor concentración de CO en el turno noche, mientras que la menor concentración se dio en la mañana. De manera similar, se presentó en los resultados de Fonseca (2018); ambos autores mencionan que las concentraciones emitidas de CO es producto de la circulación vehicular.

Por otra parte, Molina (2013) y Marin (2019) manifiestan que la principal fuente de emisión del CO está dada por la combustión incompleta de los vehículos a motores, adicionalmente, Flores (2017) mencionó que la concentración de CO esta influenciado por la circulación vehicular y peatonal en un determinado horario, siendo estos horarios de 7 a 9 a.m. (mañana), 12 a 2 p.m. (tarde) y de 6 a 8 p.m. (noche) quienes presentan mayor emision de CO. Con lo descrito, en este estudio el horario de las mediciones se encontraba dentro de lo indicado, respecto a los valores que registraron mayor concentración de CO fue en el turno tarde, tal como sucedió en el estudio de Canales (2019).

4.2. Identificación de géneros microbiológicos en los canales pluviales

4.2.1. Número de microorganismos en cada punto de muestreo

Se muestra en la Tabla 11 el promedio de la numeración de microorganismo aeróbico viables (NMAV) durante los meses de evaluación. El P1 del canal Dos Amigos presentó el valor más alto con 2 853 UFC/m³, mientras que el valor más bajo se obtuvo en el mismo canal con 1 467 UFC/m³. En cuanto al promedio de la numeración de mohos y levaduras (NML), el valor más alto se registró en P1 del canal Dos Amigos con 720 UFC/m³, por el contrario, el valor más bajo estuvo comprendidos por el P3 de los canales Aguas Verdes, Quebrada del Águila y Qushuro, de igual manera que P2 del canal Dos Amigos, siendo el valor de 267 UFC/m³.

Tabla 11. Promedio de Número de microorganismos aeróbicos viables (NMAV) y Número de mohos y levadura (NML) en los puntos de muestreo

| Canal pluvial | Puntos | Promedio (UFC/m ³) | |
|---------------------|--------|--------------------------------|-----|
| | | NMAV | NML |
| Aguas Verdes | P1 | 1 787 | 560 |
| | P2 | 1 893 | 453 |
| | P3 | 2 613 | 267 |
| Quebrada del Águila | P1 | 1 573 | 400 |
| | P2 | 1 680 | 640 |
| | P3 | 1 547 | 267 |
| Dos Amigos | P1 | 2 853 | 720 |
| | P2 | 1 760 | 267 |
| | P3 | 1 467 | 293 |
| Qushuro | P1 | 2 213 | 320 |
| | P2 | 2 133 | 400 |
| | P3 | 1 627 | 267 |

Briceño (2018) en un estudio similar evaluó las unidades formadoras de colonias (UFC) del aire respecto a los drenajes pluviales perteneciente a la Ciudad de Huánuco, consiguió máximo de 804,6 UFC/m³ con relación a las bacterias, en cuanto a los hongos presentó el valor más alto con 191,8 UFC/m³, difiriendo así con los valores obtenidos en este estudio. Por otro lado, Jambo y Mendoza (2019) establecieron en su investigación el límite máximo permisible de microorganismo según el OSHA con el valor de 2 000 UFC/m³, en cuanto sobrepasa el estándar se considera un ambiente contaminado. En nuestros resultados, los hongos estaban dentro de lo establecido, de igual manera las bacterias a excepción de P3 del canal Aguas Verdes, P1 del canal Dos Amigos, y los puntos P1 como también P2 del canal Qushuro.

Autores como Méndez et al. (2015), Jambo y Mendoza (2019) indican que factores físicos como la temperatura y la humedad, influyen en el desarrollo de los microorganismos. Asimismo, Herrera et al. (2015) mencionan que la humedad relativa está relacionada con el crecimiento de hongos, favoreciendo su desarrollo. En otras palabras, conforme aumenta la humedad, también se incrementa el crecimiento de los hongos (Martínez, 2018), lo cual se puede apreciar en el estudio, dado la humedad más alta (57,6 %) presentó el promedio de NML más elevada (7 083,3 UFC/m³) referente al segundo muestreo. Con respecto a la temperatura, Herrera (2009) expresa, que la temperatura favorece al crecimiento de microorganismos como la bacteria, asimismo, lo indicado se pudo comprobar en el estudio, puesto que la temperatura promedio (35,4 °C) más alta mostró el promedio de NMAV más elevado (32 250 UFC/m³) (Ver Anexo C, Apéndice 1, Tabla 26).

4.2.2. Determinación de género de microorganismos presentes

La Tabla 12 presenta los géneros bacterianos identificados en cada punto de muestreo perteneciente a los canales pluviales. En cuanto al método de coloración GRAM, los géneros que se encontraron en los doce puntos de estudio estaba comprendida por: *Bacillus* (Gram positivo) y *Staphylococcus* (Gram positivo), seguido el *Enterobacter* (Gram negativo). Con respecto a la diferenciación bioquímica (DBQ) el género que estaba presente en nueve de los puntos de estudio es el *Pantoea*, de igual manera el género *Hafnia*. Por otro lado, los géneros como *Citrobacter*, *Proteus* y *Escherichia*, solamente se observaron en P1 del canal Aguas Verdes, P3 del canal Dos Amigos y P1 del canal Qushuro, respectivamente. Cabe resaltar que los géneros identificados en DBQ son Gram negativos.

Tabla 12. Géneros de bacterias identificados en los puntos de muestreo pertenecientes a los canales pluviales

| Canal pluvial | Puntos | Método de identificación | |
|---------------------|--------|--|--|
| | | Coloración GRAM | Diferenciación Bioquímica |
| Aguas Verdes | P1 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Hafnia, Pantoea, Citrobacter</i> |
| | P2 | <i>Bacillus, Enterobacter, Lactobacillus, Staphylococcus</i> | <i>Hafnia, Serratia</i> |
| | P3 | <i>Bacillus, Enterobacter, Lactobacillus, Staphylococcus</i> | <i>Salmonella, Pantoea</i> |
| Quebrada del Águila | P1 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Hafnia, Klebsiella, Morganella, Pantoea, Serratia</i> |
| | P2 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Hafnia, Pantoea, Morganella</i> |
| | P3 | <i>Bacillus, Staphylococcus, Lactobacillus</i> | <i>Klebsiella, Morganella</i> |
| Dos Amigos | P1 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Hafnia, Morganella, Pantoea</i> |
| | P2 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Hafnia, Klebsiella, Salmonella, Pantoea</i> |
| | P3 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus, Lactobacillus</i> | <i>Hafnia, Klebsiella, Proteus</i> |
| Qushuro | P1 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Escherichia, Hafnia, Salmonella, Pantoea</i> |
| | P2 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Hafnia, Morganella, Pantoea</i> |
| | P3 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | <i>Klebsiella, Morganella, Pantoea</i> |

En la Figura 9 se muestra el número total del género bacteria evaluados en cada punto de los canales pluviales durante los tres muestreos (febrero, marzo y mayo), presentando el valor más alto el género *Bacillus* (79), seguido *Staphylococcus* (40), con respecto al menor género se encuentra *Citrobacter* (1) y *Proteus* (1).

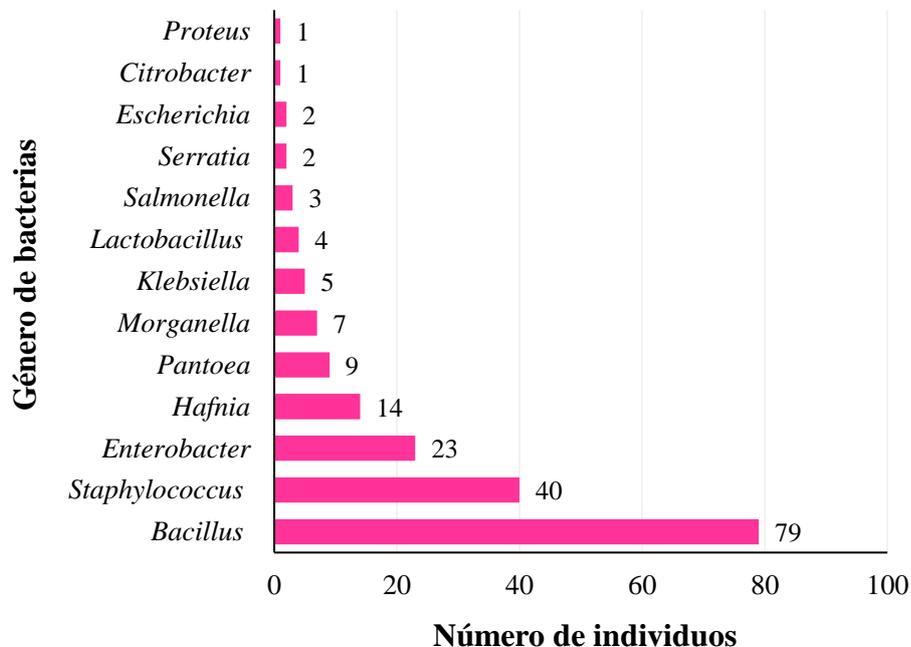


Figura 9. Número total de individuos por cada género de bacterias en los canales pluviales

Herrera (2009) y Romero et al. (2016) indican que la bacteria Gram positiva presenta un mayor dominio ante la bacteria Gram negativa, esto se debe principalmente a las esporas, haciéndole mayor resistencia frente a la desecación (Rojo et al., 2021). En nuestros resultados, se puede corroborar dado que mostró una mayor proporción las bacterias Gram positivas (123), los cuales son conformadas por el género *Bacillus* (79), *Staphylococcus* (40) y *Lactobacillus* (4), en cuanto al Gram negativo (67) presentaron un valor inferior, entre ellos se encuentra el género *Enterobacter* (23), *Hafnia* (14), *Pantoea* (9) y *Morganella* (7). Además, en sus estudios de los autores descritos, obtuvieron el mayor número de géneros Gram positivos comprendido entre *Bacillus* y *Staphylococcus*, sumándose Gómez et al. (2021), Romero y Castañeda (2015), y Romero et al. (2016). Esto también se pudo visualizar en el presente trabajo, puesto que los géneros *Bacillus* y *Staphylococcus* fueron los más abundante en cada punto de muestreo durante el período de estudio.

Un estudio similar elaborado por Briceño (2018) determinó los microorganismos presentes en el aire de las calles cercanas al sistema de drenaje pluvial en la Ciudad de Huánuco. En sus puntos de estudio, se identificaron diversos géneros como: *Bacillus*,

Proteus, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Escherichia*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Micrococcus* entre otros. El estudio también destacó que el uso inadecuado del sistema de drenaje influye negativamente en la calidad microbiológica del aire. En nuestra investigación, también observamos un uso inadecuado de los canales pluviales, con el vertimiento de desagüe y disposición de residuos, lo cual concuerdan con los géneros identificados por Briceño, con la excepción de los géneros *Enterococcus* y *Micrococcus*.

Lebrato et al. (2009) en su estudio referente al canal abierto de saneamiento menciona que está compuesto por materia orgánica proveniente de aguas residuales como también contenido de sólidos, lo cual tiende a degradarse por diferentes procesos, entre ellos se encuentra, hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis, la participación principal de los géneros bacterianos está dada por el segundo proceso (acidogénesis) y están comprendidos por *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Clodistrium* y entre otros (Parra 2015; Lorenzo y Obaya, 2005). Con lo mencionado se pudo explicar la presencia de los géneros obtenidos (*Bacillus*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Klebsiella* y *Escherichia*), debido a que se observó que los canales pluviales estuvieron compuestos por aguas residuales provenientes de conexiones domiciliarias y conjuntamente de residuos sólidos.

Como se ha descrito anteriormente, en los canales pluviales poseían conexiones domiciliarias en donde vertían sus aguas residuales domésticas, conformado por actividades domésticas y desechos fisiológicos. De manera similar ocurrió en trabajo de investigación de Fuhrmann et al. (2016) determinando la contaminación microbiana a lo largo del canal abierto de aguas residuales y pluviales, lo cual obtuvo los géneros *Salmonella* y *Escherichia*. Por otro lado, Ruiz-Gil et al. (2020) mencionan que la presencia de bacterias en el aire de las plantas de tratamiento de aguas residuales son del género *Enterobacter*, *Pantoea*, *Escherichia*, *Shigella*, *Klebsiella* y *Serratia*.

Adicionalmente, Cyprowski et al. (2018) en su estudio hace referencia sobre la composición de las bacterias anaeróbicas en las aguas residuales, tanto en el medio acuático como en el aire, hallándose los géneros *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Salmonella* y *Shigella*, etcétera, coincidiendo en los géneros identificados con Chisavo y Husserl (2020), además es importante recalcar que dicho autor hace mención sobre el género *Enterobacter* como indicador de aguas residuales. Esto se pudo evidenciar en nuestros resultados puesto que los géneros que se pudo identificar son *Escherichia*, *Klebsiella*, *Proteus*,

Pantoea, *Serratia* y *Salmonella*, asimismo, el género *Enterobacter* se pudo encontrar en 11 puntos de estudio, las bacterias nombradas son pertenecientes al Gram negativo.

Ramos-Vivas (2020) señala que el género *Hafnia* tiene una distribución amplia en la naturaleza, como también en los alimentos. Además, es parte del microbiota de mamíferos, aves, reptiles y peces (Moreno, 2009; Lopardo et al., 2016). Con lo mencionado se pudo apreciar en los canales pluviales, debido a que el género *Hafnia* presentaba una predominancia en nueve (9) puntos (Tabla 12) e incluso fue uno de los más frecuentes géneros respecto a los muestreos realizados (Figura 9). El estudio realizado por la MPLP (2021) indicó que el 65 % de residuos generados está compuesto por restos de alimentos, lo que evidencia el vertimiento de estos residuos en los canales. Es necesario, mencionar que en el trayecto del canal se encontraban aves (gallinazo y garza blanca), reptiles (sapos y ranas) y peces (guppy), asimismo, existía la crianza de animales menores (pollo, cuy, pavos y conejos) referente al canal Aguas Verdes. Con lo mencionado puede dar la explicación referente a la presencia del género *Hafnia*.

Por otra parte, el género *Pantoea* se encontró en nueve (9) puntos de muestreo tal como se observa en la Tabla 12. Según Lopardo et al. (2016) indica que este género se sitúa frecuentemente en plantas y, frutas, así como también en materia fecal de los humanos y de animales (Segado et al., 2012; Rafael, 2007). La presencia del género *Pantoea* en la mayoría de los puntos puede deberse a la disposición de los residuos orgánicos, también las conexiones domiciliarias para el vertimiento de desecho fisiológicos hacia los canales pluviales. Además, la presencia de aves como gallinazo y garza, roedores, entre otros, también pueden contribuir a la presencia de esta bacteria.

En la Tabla 13 se muestra la distribución de los géneros fúngicos identificados en cada punto de muestreo en los canales pluviales durante los tres muestreos. Se puede apreciar, que el género *Aspergillus* se encontró en 10 puntos, seguido por *Rhizopus*, situado en 8 puntos. Además, se observó que los géneros *Candida* y *Blastomyces* estuvieron presentes únicamente en el P1 del canal Qushuro.

Tabla 13. Género de hongos identificados en los puntos de muestreo perteneciente a los canales pluviales

| Canal pluvial | Puntos | Género |
|---------------------|--------|--|
| Aguas Verdes | P1 | <i>Aspergillus, Penicillium, Rhizopus</i> |
| | P2 | <i>Aspergillus, Microsporum, Penicillium, Rhizopus</i> |
| | P3 | <i>Aspergillus, Microsporum, Rhizopus</i> |
| Quebrada del Águila | P1 | <i>Aspergillus, Fusarium, Geotrichum, Rhizopus</i> |
| | P2 | <i>Aspergillus, Geotrichum, Microsporum, Mucor</i> |
| | P3 | <i>Aspergillus, Mucor, Rhizopus</i> |
| Dos Amigos | P1 | <i>Aspergillus, Geotrichum, Microsporum, Mucor</i> |
| | P2 | <i>Penicillium, Rhizopus</i> |
| | P3 | <i>Aspergillus, Fusarium, Penicillium, Rhizopus</i> |
| Qushuro | P1 | <i>Aspergillus, Blastomyces, Candida, Microsporum</i> |
| | P2 | <i>Aspergillus, Fusarium, Penicillium</i> |
| | P3 | <i>Microsporum, Rhizopus</i> |

La Figura 10 ilustra el recuento total de individuos por cada género de hongos identificados en los canales pluviales durante los meses de muestreo (febrero, marzo y mayo). Se observa que el género más abundante fue *Aspergillus*, con un total de 14 individuos, seguido de *Rhizopus*, con 10 individuos. En contraste, los géneros *Blastomyces* y *Candida* fueron los menos frecuentes, encontrándose solo un individuo de cada uno de ellos.

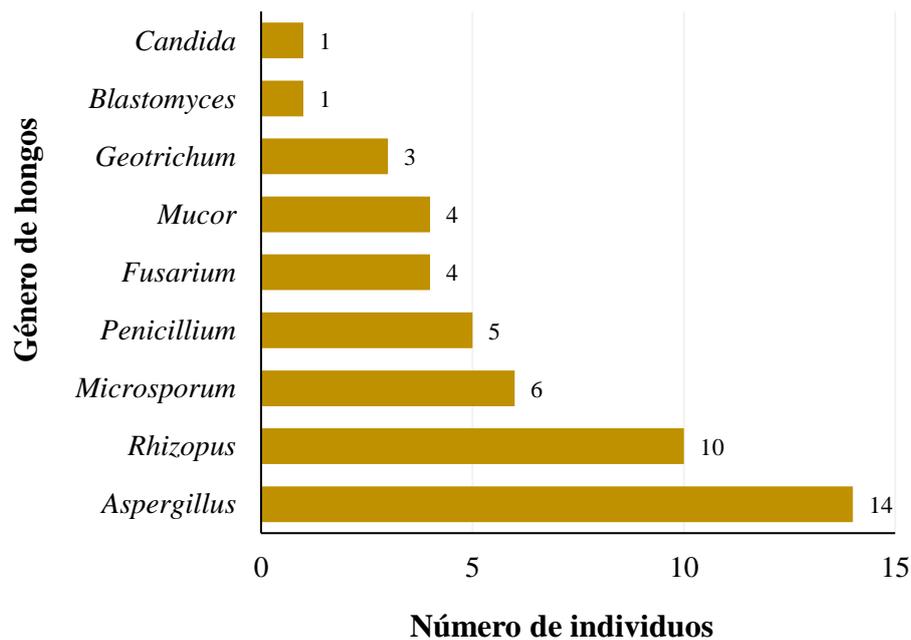


Figura 10. Número total de individuos por cada género de hongos en los canales pluviales

En los estudios realizados por De la Rosa (2002) y Shelton et al. (2002) concuerda con los de Moreno y Paxtor (2014), respecto a los géneros más predominantes en ambientes exteriores como interiores, siendo comprendidas por: *Aspergillus*, *Penicillium*, y *Cladosporium*. Por añadidura, Sánchez y Almaguer (2014) indica que los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* presentan una mayor distribución, como también una buena adaptabilidad (Herrera et al., 2015). La Tabla 13 muestra la presencia del género *Aspergillus* en 10 de los puntos de muestreos a excepción de los puntos P2 y P3 de los canales Dos Amigos y Qushuro, respectivamente. Asimismo, en la Figura 10 se evidencia que este género fue el más abundante con respecto a los tres muestreos. Reforzando, a lo descrito y a los resultados, Razzaghi-Abyaneh y Rai (2022) y Cardoza (2019) hacen mención sobre la distribución extensa del género *Aspergillus*, situándose en el medio ambiente, suelo, vegetales en descomposición, así también en la materia orgánica.

Con lo mencionado al párrafo anterior, diversos autores hacen referencia que el género *Penicillium*, es uno de los géneros que se encuentra con mayor distribución, Avendaño (2010) alude que la presencia de este género se sitúa en los alimentos o vegetales en proceso de descomposición, asimismo, puede hallarse en lugares contaminados. Sin embargo, en nuestros estudios solo se pudo apreciar en 5 puntos de muestreos, siendo perteneciente a los canales Aguas Verdes (P1 y P2), Dos Amigos (P2 y P3) y Qushuro (P2). En el estudio de Herrera et al. (2015), se acontece algo similar, dando explicación que el

crecimiento de las otras colonias fúngica suele ser más rápido, por ende, el crecimiento del género *Penicillium* puede haberse inhibido.

El género *Rhizopus* tiene como función la degradación de residuos orgánicos como frutas, vegetales y materia fecal de animales (Quan, 2012). Además, se encuentra comúnmente en alimentos que tienen un alto contenido de humedad (Nabors, 2006). Herrera (2009) hace referencia que las esporas de este género no se distribuyen uniformemente en el aire, pero pese a ello su presencia aumenta en ambientes con alta humedad y se acumula en vegetación en descomposición. En nuestros resultados (Tabla 13), se aprecia que este género se sitúa en 8 de los puntos de muestreo, y como se mencionó durante el estudio, los puntos de muestreo se veían afectados tanto por las conexiones domiciliarias, como por el manejo inadecuado de los residuos, lo cual puede explicar la presencia de dicho género.

Por otro lado, en los resultados obtenidos, el tercer género con mayor predominancia estaba dada por el *Microsporium* encontrándose en 6 de los puntos de estudio, INSST (2022), menciona que este género es denominado como dermatofito, puesto que se encuentra en las zonas donde contiene queratina, entre ellos puede situarse en piel, pelo, uñas, escamas y pluma (Cabrera, 2014), adicionalmente, por su morfología las esporas le permiten una mayor sobrevivencia en diferentes superficies. Es preciso mencionar que en los canales pluviales existía la crianza de animales menores, entre ellos los patos y gallinas, situándose más que todo en el canal Aguas Verdes, en menor cantidad estaba comprendida por el P1 y P3 del canal Qushuro, como también por el P1 del canal Dos Amigos, en cuanto a la Quebrada del Águila solo se pudo apreciar en el P2, debido a que se hallaba centro de comercio respecto a pescados y avícolas, donde vertían los restos de su producto hacia el canal, corroborando así la presencia del género *Microsporium* en los canales pluviales.

Tomando como referencia el estudio de Briceño (2018) acerca de la contaminación por hongos en presencia de drenaje, mostró que los géneros hongos estaban comprendidos por: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium*, *Candida*, *Trichoderma*, entre otros, los cuales se asemejan a los resultados obtenidos en nuestro estudio, con la excepción del *Trichoderma* que no se visualizó. Por otro lado, el estudio realizado por Ramos (2019) en siete áreas verdes de Tingo Maria, identificó géneros fúngicos similares a lo que se encontró en el presente estudio, tales como *Geotrichum*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Candida*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Aspergillus* (Tabla 13).

4.3. Evaluación de la percepción de los pobladores sobre el efecto de los canales pluviales en la calidad del aire

De acuerdo con la percepción de los pobladores, el 49% considera que la calidad del aire en el entorno de su vivienda y/o trabajo es regular, mientras que solo el 4% alude una calidad de aire muy buena (Figura 11). También estiman que la mala calidad del aire en su entorno podría repercutir en el medio ambiente de igual modo que en su salud.

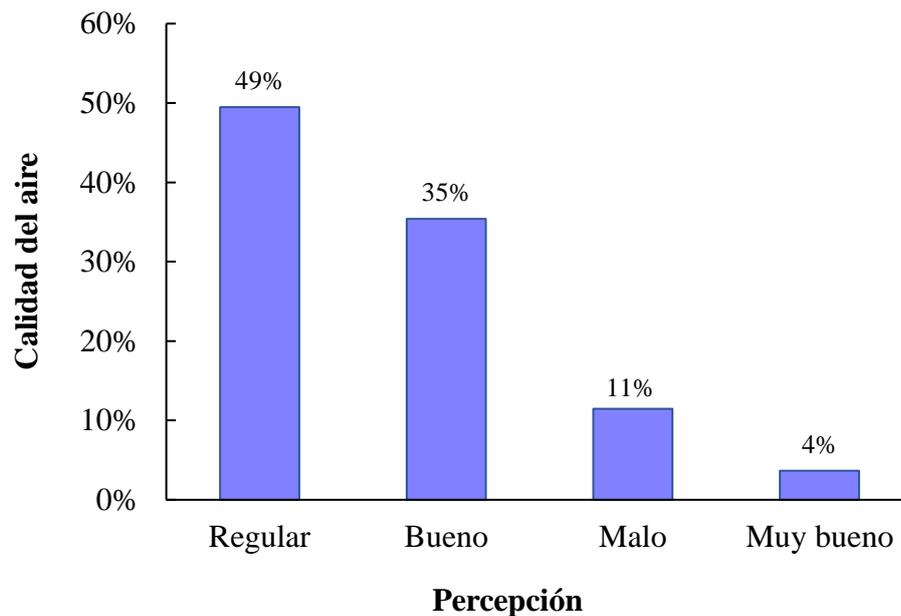


Figura 11. Percepción sobre la calidad del aire

MinSalud (2012) hace referencia sobre la contaminación por olores, el cual es considerada parte de la contaminación del aire. Además, Veloza y Misnaza (2019) indican que la emisión e inmisión de compuestos que provienen de la contaminación odorífera afecta a la calidad del aire (Gómez, 2018; Cueva, 2020). Por lo tanto, se puede constatar a partir de nuestros resultados que los olores percibidos en los canales pluviales tienen cierta influencia en la calidad del aire en el entorno de las personas aledañas a los canales.

Bush et al. (2001) y Martínez et al. (2007) consideran que el aspecto geográfico es de gran relevancia para la percepción, debido a que se logra conocer la contaminación atmosférica en el área afectada, es decir, las personas que viven o trabajan en ambientes contaminados son las que perciben más la contaminación, a diferencia a las personas que habitan en zonas alejadas que tienden a percibir en menor grado (Sandoval y Peralta, 2020). Con lo mencionado se pudo corroborar en nuestros resultados ya que el instrumento de

investigación (encuesta) se dirigió a los pobladores expuestos a los canales pluviales y el 49% reportó una calidad del aire regular en su entorno de su vivienda y/o trabajo.

Los resultados presentados en la Figura 12 es de gran relevancia, ya que muestra que el 94% de los encuestados afirman percibir olores desagradables cerca de sus viviendas, mientras que el 6% restantes indicó no percibirlos. Además, es importante mencionar que los participantes de la encuesta atribuyeron que estos olores son provenientes de los canales.

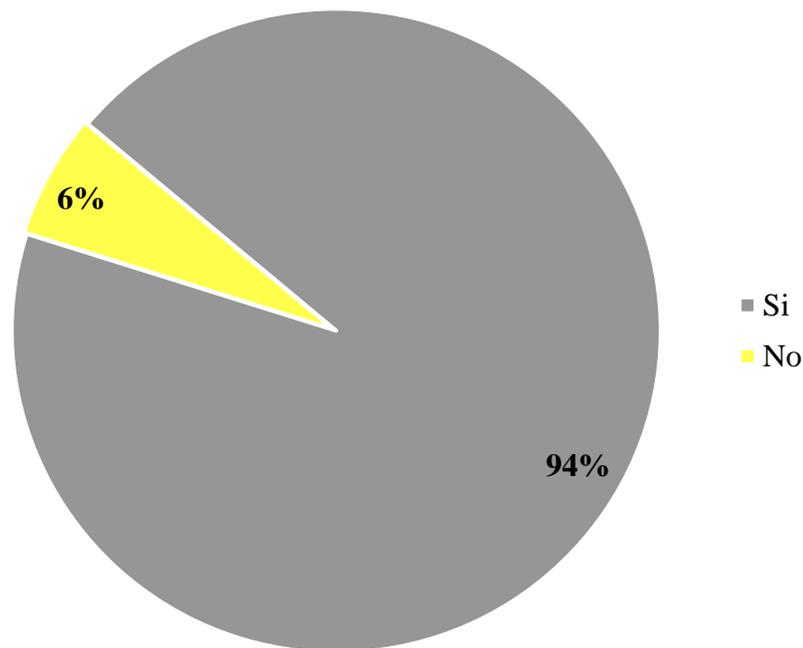


Figura 12. Percepción sobre olores desagradables

Los olores pueden ser un indicador de la calidad del aire en una determinada área (Sandoval y Peralta, 2020), siendo perceptible por el órgano olfativo a medida que se aspira una sustancia volátil (C. Rodríguez, 2018; Velandia, 2017). Autores como Dräger (2014), Hernández et al. (2015), OSHA (2007) y MinSalud (2012) mencionan que el umbral de percepción de estos olores es de 0,01 ppm de H₂S. Además, Bax et al. (2020) y Capelli et al. (2019) mencionan que entre los métodos de detección de los olores se encuentra el análisis químico, que implica el monitoreo de gases como sulfuro de hidrógeno y amoníaco en la fuente de emisión, otro método es la ciencia ciudadana (SC) el cual permite la participación de los afectados mediante encuestas con preguntas sobre la fuente, frecuencia, intensidad, duración del olor que experimentan. Ante lo descrito, en nuestro estudio se realizó el monitoreo del H₂S emitido por los canales pluviales registrando valores superiores al umbral de percepción, asimismo, se aplicó un cuestionario de preguntas dando como resultado la afirmación de percepción de olores desagradables.

Adicionalmente, para poder dar mayor énfasis a la pregunta anterior también se quiso conocer el horario el cual perciben los olores desagradables emitidos por los canales pluviales, donde un 76% de los encuestados afirman que en la tarde perciben con mayor intensidad los olores, y cerca del 12% consideran que solo en el turno noche, como también existe otro 7% que percibe los olores desagradables durante el turno mañana (Figura 21). En el estudio de Veloza y Misnaza (2019) indican sobre la percepción respecto a olores desagradables está dada donde presenta mayor radiación y temperatura (Canales, 2019). Por otro lado, Gallardo (2005) hace referencia que la percepción del olor está comprendida por el turno noche debido a que en la noche algunos gases como el H_2S no se dispersa rápidamente. Estos resultados obtenidos en el instrumento de investigación podrían explicar por qué la mayor percepción del olor se encontraba en el turno tarde y luego en el turno noche.

Las personas que reportaron percibir olores desagradables cerca de sus viviendas señalaron que la fuente de estos olores es el vertimiento de desagüe hacia el canal (47%), debido a la inexistencia de un sistema de saneamiento. Además, un 32% de los encuestados considera que la disposición de los residuos en los canales también es un factor contribuyente a estos olores. Por otro lado, solo un 9% de los participantes reportaron que los olores son causados por la falta de limpieza y/o mantenimiento del canal (Figura 13).

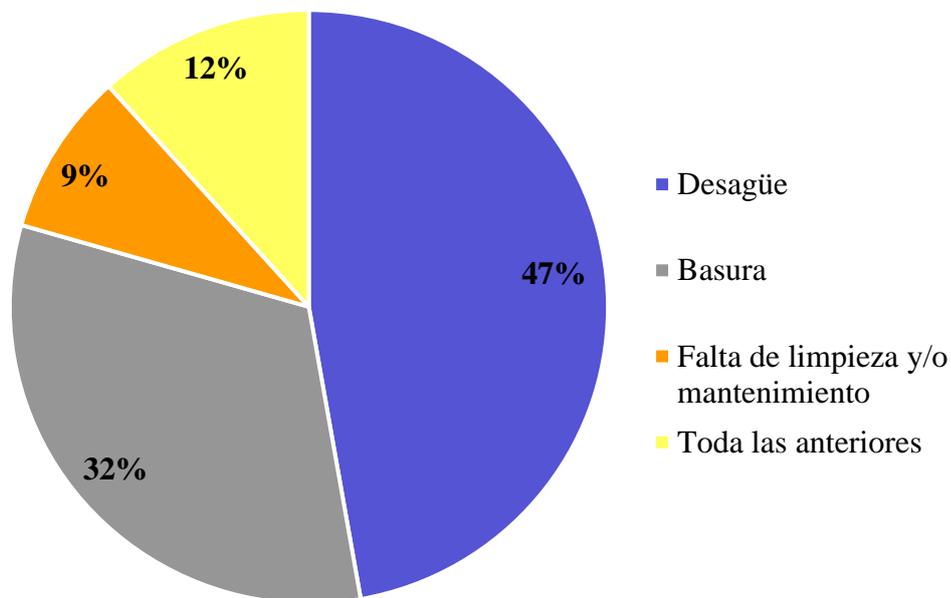


Figura 13. Percepción respecto la causa de olores desagradables

En los estudios realizado por Hernández S. (2018), Mejía y Rincón (2017) identificaron que los olores desagradables son causados por el vertimiento de aguas residuales domésticas y disposición de residuos en los canales. Por otra parte, Orozco (2016) menciona que estos olores son originados por la evacuación de las conexiones erradas (aguas residuales y aguas pluviales) en los canales pluviales. En nuestro estudio se puede constatar con los autores descrito, a partir del diagnóstico de los puntos de muestreo (Tabla 9) y mediante la percepción de los encuestados (Figura 13).

La Tabla 14 presenta posibles soluciones para minimizar la problemática asociado a los canales pluviales. Un 28% de los habitantes considera que es necesario realizar limpiezas constantes a los canales pluviales para evitar la acumulación de residuos y prevenir malos olores. Por su parte, un 27 % sugiere la instalación de conexiones domiciliarias de alcantarillado para evitar el vertimiento de sus aguas residuales hacia el canal. El 21% de los encuestados enfatiza la importancia de no arrojar basura al canal. Cerca del 12 % de los participantes menciona que se podría disminuir la emisión de olores olores cubrimiento los canales. Finalmente, un 6% de los pobladores considera que la municipalidad debería hacer frente a esta la problemática implementando medidas y soluciones, como el mantenimiento (7%) del canal.

Tabla 14. Posibles soluciones para disminuir los olores desagradables

| Posibles soluciones para disminuir los olores desagradables | Encuestados |
|--|--------------------|
| Limpieza constante de canales | 28% |
| Instalación de conexión domiciliaria de alcantarillado | 26% |
| No arrojar basura en el canal | 21% |
| Cubrimiento en los canales | 12% |
| Mantenimiento del canal | 7% |
| Gestión Municipal | 6% |
| Total | 100% |

Veloza y Misnaza (2019) indican que las posibles soluciones para disminuir los olores ofensivos deben ser implementadas por la Municipalidad a partir de programa de sensibilización para el uso adecuado de la quebrada, y fomenta la participación de las personas que viven cerca a la quebrada a realizar jornadas de limpieza y evitar el arrojado de residuos (Burbano, 2011); otra propuesta es conocer los puntos críticos en la quebrada considerando la evacuación de aguas residuales y emisión de olores para su posterior canalización y restauración.

Por otro lado, Taimal (2020) menciona que a falta de sistema de alcantarillado la población debe optar por hacer pozos sépticos a fin de evitar y reducir la evacuación de las aguas residuales hacia la quebrada, además hace énfasis en la participación de los pobladores mediante programas de sensibilización puesto que no todos los habitantes aledaños a la quebrada conocen las consecuencias que puede generarse en el futuro, sumándose a ello la limpieza constante en la quebrada. De manera muy similar Dorado y Zamudio (2018) en el procesamiento de encuesta pudieron apreciar que los pobladores aluden como mejor solución ante la contaminación del río por olores y aguas estancadas: jornadas de limpiezas, seguido la construcción barrera para evitar la disposición de residuos sólidos y como menor porcentaje la sensibilización.

4.4. Contrastación final de hipótesis

La Tabla 15 presenta la contrastación de hipótesis, lo cual se obtuvo a partir del promedio de los valores registrados de CH₄ durante el periodo de evaluación, siendo 0,08% (822,5 ppm). Por lo tanto, se afirma la hipótesis planteada.

Tabla 15. Contrastación de hipótesis

| Objetivo | Hipótesis | Resultado | Aceptación |
|--|---|---------------------------------------|------------------------|
| Determinar la concentración de CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y CO emitidos por los canales pluviales de la ciudad de Tingo María – Huánuco, 2022. | Los canales pluviales de la ciudad Tingo María presentarán emisiones de CH ₄ inferiores al 5%. | 0,08 % CH ₄ (822,5 ppm) | Se acepta la hipótesis |

V. CONCLUSIONES

1. Durante los meses de febrero a mayo, se detectaron emisiones de CH₄, H₂S, CO₂ y CO en los canales pluviales de la ciudad de Tingo María, siendo los tres primeros gases los que registraron las concentraciones promedio más altas en el canal Qushuro con 925,9 ppm de CH₄, 1,4 ppm de H₂S y 31,1 ppm de CO₂, mientras que el CO se registró en el canal Aguas Verdes con 3,6 ppm. Solo el H₂S superó el límite de exposición permisible.
2. De los 12 puntos de muestreo en los canales pluviales, el punto P2 del canal Aguas Verdes fue el que presentó todas las características según los ocho criterios establecidos como la presencia de viviendas, comercios, colegio, animales, disposición de residuos sólidos, vertimiento de desagüe, emisión de olores y gases.
3. Se identificó 13 géneros bacterianos en los canales pluviales, siendo los más predominantes el *Bacillus*, *Staphylococcus* y *Enterobacter*, además de *Hafnia*, *Pantoea*, *Morganella*, *Klebsiella*, *Lactobacillus*, *Salmonella*, *Serratia*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Proteus*. En cuanto, a los hongos, se identificaron 9 géneros, destacando la predominancia de *Aspergillus*, seguido del *Rhizopus*, *Microsporium*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Blastomices* y *Candida*.
4. Los pobladores aledaños a los canales pluviales evaluaron la calidad del aire de su entorno calificándolo como “regular”, asimismo, manifestaron percibir olores desagradables provenientes de los canales, considerando como principal causa el vertimiento de desagüe y disposición de residuos sólidos en los canales.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Continuar con el estudio enfocado en el monitoreo de CH₄, CO₂, H₂S y CO en los canales pluviales durante los meses restantes para apreciar el aumento o disminución de concentración en diferentes temporadas. Asimismo, incluir la medición del nitrato y considerar como parámetro de evaluación la velocidad y dirección del viento.
2. Dar conocimiento a las autoridades competentes referente al presente estudio, a fin de proponer proyectos para minimizar los problemas descritos (falta de sistema de alcantarillado, disposición de residuos sólidos, limpieza y mantenimiento de los canales pluviales).
3. Se sugiere llevar a cabo una investigación adicional para determinar el comportamiento de géneros bacterianos (bacterias sulfato reductoras y metanogénicas) productoras de gases como el CH₄, H₂S y CO₂.
4. Se propone ampliar el número de población respecto a las encuestas considerando las zonas adyacentes, es decir, a una distancia mayor a 100 m de los canales pluviales.

VII. REFERENCIAS

- Acioly, L., Carlos, V., Da Silveira, A., De Almeida, F., Silva, T., & De Campos-Takaki, G. (2017). Isolation, Identification, Characterization and Enzymatic Profile of the New Strain of *Pantoea agglomerans*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 4152–4163. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.487>
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional [OSHA]. (2019). *Health Hazards in Construction*. 45-49. https://www.osha.gov/sites/default/files/2019-03/health_hazards_workbook.pdf.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2012). *Resumen de salud pública Monóxido de Carbono*. ATSDR. 1-7. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry Enfermedades [ATSDR]. (2007). Carbon Monoxide– ToxFAQs. ATSDR. 1-2.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry Enfermedades [ATSDR]. (2016a). Hydrogen Sulfide – ToxFAQs. ATSDR. 1-3.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry Enfermedades [ATSDR]. (2016b). *Public Health Statement for Hydrogen Sulfide*. ATSDR. 1-7. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp114-c1-b.pdf>.
- Alves, A. (2020). *Impactos causados pelas ocorrências pluviométricas no ambiente urbano da Cidade de Montes Claros – Mg*. [Trabajo de especialización, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositorio UFMG.
- Alzamora, I. y Poblete, M. (2012). *Evaluación de gases efecto invernadero en la cuenca atmosférica del Valle del Cusco*. [Tesis para optar título, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1107#:~:text=El%20nivel%20promedio%20de%20CO2,se%20incrementara%20en%201%20mm>.
- Arias, J., Holgado, J., Tafur, T. y Vasquez, M. (2022). *Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis*. Editorial Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/22>.

- Avellaneda, C. (2020). *Rehabilitación ambiental del canal río Salitre entre la calle 72 y la calle 80*. [Tesis para optar título, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio UCatolica.
- Avendaño, B. (2010). *Fermentación en sustrato sólido con hongos filamentosos para la producción de ácidos grasos insaturados*. [Tesis para optar título, Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada]. Repositorio CICESE. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/492>.
- Barrero, A., y Beltrán. (2018). *Diseño del sistema de recolección de aguas de lluvias más eficientes para el Plan Parcial de la Vereda San Bartolomé en el Municipio de Gachancipá Departamento de Cundinamarca*. [Tesis para optar título, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio UCatolica.
- Bax, C., Sironi, S., & Capelli, L. (2020). How Can Odors Be Measured? An Overview of Methods and Their Applications. *Atmosphere*, 11(1), 92. <https://doi.org/10.3390/atmos11010092>.
- Bermudez, A., Ramos, J. y Rojas, T. (2018). Contaminación odorífera: causas, efectos y posibles soluciones a una contaminación invisible. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 165-180. <https://doi.org/10.22490/21456453.2053>.
- Bernal, F. (2017). *Plan de Manejo Ambiental: Canal de aguas pluviales Calle 38 Sur (Los Muiscas)*. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Udistrial <https://repository.udistrial.edu.co/bitstream/handle/11349/6666/BernalCarabaliFranklySteven2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Betancourt, J. (2013). *Variación de la emisión de gases efecto invernadero en un ecosistema de Manglar del Caribe Colombiano sometido a intervención antropogénica*. [Tesis de maestría, Universidad del Valle]. Biblioteca digital UNIVALLE. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7633/7720-0446006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Bilman, F., & Yetik, M. (2017). *Geotrichum candidum*: A rare infection agent at urinary system and review of the literature. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 8(4), 127-129. <https://doi.org/10.5799/jcei.382434>.
- Bolaños, P. y Chacón, C. (2017). Intoxicación por monóxido de carbono. *Medicina Legal de la Costa Rica*, 34(1), 137 – 146. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000100137.
- Botha, A., & Botes, A. (2014). *Geotrichum*. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2, 88-93. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00146-4>.

- Briceño, L. (2018). *Relación del sistema de drenaje pluvial y la calidad microbiológica del aire en las calles de la Ciudad de Huánuco, Julio – Octubre 2018*. [Trabajo para optar título, Universidad de Huánuco]. Repositorio UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1479;jsessionid=992DED267CFB6EECBF239E979586AFEB>.
- Burbano, D. (2011). *Diseño del PRAE “Coexistiendo con el canal de aguas lluvias Cauquita Norte” para la comprensión de las problemáticas ambientales generados por su uso inadecuado*. [Trabajo de grado, Universidad del Valle]. Biblioteca digital UNIVALLE. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/10109?show=full>.
- Burgos, E. (2003). *Determinación del porcentaje de remoción de sulfuro de hidrogeno por biofiltración en la zona de influencia de la Central Hidroeléctrica El Paraíso*. [Tesis de maestría, Universidad de la Salle]. Ciencia Unisalle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1675.
- Buritaca, H., Mejía, M., y Del Mar, M. (2017). Aislamiento de Microorganismos en diferentes ambientes (Suelo, Agua y Aire). *Revista Mente Joven*, 6, 09–20. https://doi.org/10.18041/2323-0312/mente_joven.0.2017.3666.
- Bush, J., Moffatt, S., & Dunn, C. (2001). ‘Even the birds round here cough.’ *Health & Place*, 7(1), 47-56. [https://doi.org/10.1016/s1353-8292\(00\)00037-x](https://doi.org/10.1016/s1353-8292(00)00037-x).
- Cabrera, B. (2014). *Dermatofitosis en caninos procedentes de dos barrios de Managua. Atendidos en la clínica Emergencia Veterinaria, agosto-septiembre 2014*. [Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio UNA <https://repositorio.una.edu.ni/3150/1/tnl73c117d.pdf>.
- Canales, G. (2019). *Monitoreo y evaluación de los gases monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrogeno sulfurado (H₂S) presentes en el Distrito de Alto Selva Alegre – Arequipa*. [Tesis para maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10265>.
- Capelli, L., Bax, C., Diaz, C., Izquierdo, C., Arias, R., & Salas, N. (2019). *Review on odour pollution, odour measurement, abatement techniques*. D-NOSES.
- Cardoza, J. (2019). *Especies de Aspergillus de cepas aisladas del aire de la ciudad de Piura-Perú entre julio y octubre del 2017*. [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UNP. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2015>.
- Carranza, R. (2004). *Gestión de la calidad del aire: Causas, efectos y soluciones*. Instituto de Investigación de ingeniería Industrial – UNMSM.

- Castillo, G. y Vargas, J. (2019). *Contaminación de canales de agua lluvia en zonas urbanas*. Universidad Santiago de Cali. 1-10.
- Chaosakul, T., Koottatep, T., & Polprasert. (2014). A model for methane production in sewers. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 49(11), 1316-1321. <https://doi.org/10.1080/10934529.2014.91007>.
- Chisavo, A. y Husserl, J. (2020). Control biológico de bacterias en aguas residuales mediante Bacteriófagos Líticos: Revisión Bibliográfica. Universidad de los Andes. 1-11. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/45009/u831348.pdf?sequence=1>.
- Cobo, F., González, A., Perez-Carrasco, V., y García-Salcedo, J. (2022). *Pantoea stewartii*: ¿un nuevo patógeno causante de bacteriemia? *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 40(5), 278–280. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2021.03.010>.
- Cortés, A., Diaz, M., Garcia, R., & Sharma, A. (2017). The genus *Staphylococcus*: Harmful and Beneficial Microorganisms in the Environment. *The Elite Scientific. Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 15(2), 72-83.
- Cueva, V. (2020). “*Monitoreo de la calidad odorífera*”. [Trabajo de investigación, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Científica. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1597>.
- Cunha, L. (2020). *Aplicação de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto no controle da poluição de águas em sistemas de drenagem urbana*. [Tesis para optar maestría, Universidade Federal de Campina Grande]. Biblioteca digital UFCG. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/13475>.
- Cyprowski, M., Stobnicka, A., Ławniczek, A., BakaL, A., Gołofit, M., & Górny, R. (2018). Anaerobic bacteria in wastewater treatment plant. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 91(5), 571-579. <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1307-6>.
- Davin-Regli, A., Lavigne, J., & Pagès, J. (2019). *Enterobacter spp.*: Update on Taxonomy, Clinical Aspects, and Emerging Antimicrobial Resistance. *Clinical Microbiology Reviews*, 32(4). <https://doi.org/10.1128/cmr.00002-19>.
- De la Rosa, M., Mosso, A. y Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*. 5. 375-402. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A>.

- Deng, O., Li, X., Deng, L., Zhang, S., Gao, X., Lan, T., Zhou, W., Tian, D., Xiao, Y., Yang, J., Ou, D., & Luo, L. (2020). Emission of CO₂ and CH₄ from a multi-ditches system in rice cultivation region: Flux, temporal-spatial variation and effect factors. *Journal of Environmental Management*, 270, 110918. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110918>.
- Denyer, S., Hodges, N., Gorman, S., Hugo, W., & Russell, A. (2007). Ecology of microorganisms as it effects the pharmaceutical industry. *Hugo and Russell's Pharmaceutical Microbiology* (251-262). John Wiley & Sons.
- Dong, X., Guo, H., & Zeng, S. (2017). Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure. *Water Research*, 124, 280-289. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.038>.
- Dorado, S. y Zamudio, Y. (2018). *Identificación de la contaminación del Rio Ocoa, en el Sector del Barrio Juan Pablo II de la ciudad de Villavicencio, en el primer trimestre del año 2018 para buscar estrategias que mejoren la calidad ambiental del mismo*. [Tesis para optar título, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC. <https://repository.ucc.edu.co/items/9f03cfc4-2ad6-4089-aed6-df2ef08c692e>.
- Dräger. (2014). H₂S – un reto creciente en la industria del gas y el petróleo. 1-52. <https://www.draeger.com/library/content/h2s-e-book-9072501-es.pdf>.
- Elizondo, J. (2004). *Evaluación de las condiciones de septicidad en el Colector María Aguilar del Alcantarillado Sanitario Metropolitano*. [Proyecto para optar licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Catalogo Centroamericano SIIDCA. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UCR.000020135>.
- Elwood, M. (2021). The Scientific Basis for Occupational Exposure Limits for Hydrogen Sulphide—A Critical Commentary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 2866. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062866>.
- Environment Protection Authority [NSW EPA]. (2015). Methane. 5 p. https://www.epa.nsw.gov.au/~/_/media/EPA/Corporate%20Site/resources/epa/2564-methane-fact-sheet.ashx.
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2000). *Air Quality Criteria for Carbon Monoxide*. 1-295.
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2014). Sewer sediment and control: A management practices references guide. EPA.
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2022). Overview if greenhouse gases. EPA. <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#carbon-dioxide>.

- Espigares, M. y Pérez, J. (s.f.). Aguas residuales. Composición. Centro de investigación y Desarrollo tecnológico del agua. 1-22.
- Fagundes, O. (2019). Impactos ambientais ao longo do canal do Beírol – Macapá – Ap. [Trabajo para obtención de Título, Universidade Federal do Amapá]. Repositorio UNIFAP. http://repositorio.unifap.br/bitstream/123456789/573/1/TCC_ImpactosAmbientaisCanal.pdf.
- Farroñán, C. (2017). *Concentraciones de gases y niveles de ruido según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las estaciones de servicio en la Ciudad de Chiclayo. 2012–2014*. [Tesis para optar título, Universidad de Lambayeque]. Repositorio UDL. https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/79/3/T107_72112777T.pdf.
- Feagin, B. (2016). Towards adaptive indoor photosynthetic carbon dioxide remediation with a building – integrated distributed wireless sensor network design. [Tesis para optar maestría, Rensselaer Polytechnic Institute]. Repositorio Rensselaer. <https://hdl.handle.net/20.500.13015/1937>.
- Fino, A. (2019). Air Quality Legislation. Nriagu, J (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Health (2^a ed.)* (pp 61 – 70). Elsevier.
- Flores, R. (2017). *Determinación del nivel de contaminación de dióxido por parque automotor en la Ciudad de Puno*. [Tesis para optar título, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP-Institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9281>
- Foley, J., Yuan, Z., Senante, E., Chandran, K., Willis, J., Loosdrecht, M., & Voorthuizen, E. (2011). *N₂O and CH₄ emission from wastewater collection and treatment systems: State of the Science Report*. GWRC.
- Fonseca, A. (2018). *Niveles de monóxido de carbono en el aire de la Ciudad de Tingo Maria, año 2017*. [Tesis para maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1494>.
- Fowler, D., Brimblecombe, P., Burrows, J., Heal, M., Grennfelt, P., Stevenson, D., Jowett, A., Nemitz, E., Coyle, M., Lui, X., Chang, Y., Fuller, G., Sutton, M., Klimont, Z., Unsworth, M., & Vieno, M. (2020). *A chronology of global air quality*. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2183), 20190314. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0314>.
- Fuhrmann, S., Pham-Duc, P., Cissé, G., Tram, N., Thu, H., Dung, D., Ngoc, P., Nguyen-Viet, H., Anh, T., Utzinger, J., Schindler, C., & Winkler, M. (2016). Microbial contamination along the main open wastewater and storm water channel of Hanoi,

- Vietnam, and potential health risks for urban farmers. *Science of The Total Environment*, 566–567, 1014-1022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.080>.
- Gallardo, C. (2005). *Estudio Ambiental del ácido sulfhídrico como contaminante del aire en las comunidades de Juanacatlán y El Salto Jalisco “2004-2005”*. [Tesis para maestría, Universidad de Guadalajara]. Repositorio Dspace. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5217>.
- Gamboa, J. y Cubas, N. (2022). *Evaluación de la calidad de aire en términos de (SO₂, CO, O₃, H₂S) y su relación con las áreas verdes urbanas de Tarapoto 2022*. [Tesis para optar título, Universidad Peruana Unión]. Repositorio UPEU.
- Gómez, D., García, D., Lache, J. y Cuéllar, L. (2021). Análisis microbiológico de contaminantes atmosféricos de mercado del sur de la ciudad de Trujillo, Boyacá. *Cuaderno Activo*, 13, 25-40. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/749>.
- Gómez, L. (2018). *Alternativa para el manejo de olores ofensivos generados en el taller de ediciones de la dirección territorial Bogotá del Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE*. [Tesis para optar título, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Udistrital. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15367>.
- Gorsky, A., Racanelli, G., Belvin, A., & Chambers, R. (2019). Greenhouse gas flux from stormwater ponds in southeastern Virginia (USA). *Anthropocene*, 28, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100218>.
- Grinham, A., Albert, S., Deering, N., Dunbabin, M., Bastviken, D., Sherman, B., Lovelock, C., & Evans, C. (2018). The importance of small artificial water bodies as sources of methane emissions in Queensland, Australia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(10), 5281-5298. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5281-2018>.
- Gryganskyi, A., Golan, J., Dolatabadi, S., Mondo, S., Robb, S., Idnurm, A., Muszewska, A., Steczkiewicz, K., Masonjones, S., Liao, H., Gajdeczka, M., Anike, F., Vuck, A., Anishchenko, I., Voigt, K., De Hoog, G., Smith, M., Heitman, J., Vilgalys, R., & Stajich, J. (2018). Phylogenetic and Phylogenomic Definition of *Rhizopus* Species. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 8(6), 2007–2018. <https://doi.org/10.1534/g3.118.200235>.
- Guillermo, A., y Jorge, A. (2011). La actividad humana y su impacto sobre los sistemas de drenaje urbanos. Estudio de caso: Los desagües pluviales de la ciudad de Corrientes. *Revista Geográfica Digital*, 1-10.

- Guirola J., Jurek, Pérez, L., García, Y., O'Rellys, D. y Guedes, R. (2019). Intoxicación por monóxido de carbono. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(2), 245-251. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S013865572019000200012&lng=es&tlng=es.
- Guisasola, A., de Haas, D., Keller, J., & Yuan, Z. (2008). Methane formation in sewer systems. *Water Research*, 42(6-7), 1421-1430. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.10.014>
- Gutierrez, O., Sharma, K., Batista, J., Pijuan, M. y Poch, M. (2011). *Monitorización y Predicción de las emisiones de sulfhídrico y metano en sistemas de alcantarillado en ciudades Mediterráneas*. Instituto Catalán de Investigación del Agua.
- Gutierrez, Y. (2020). *Impacto de las sustancias odorantes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) San Gerónimo en la calidad ambiental para el trabajo en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco 2020*. [Tesis para maestría, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Uandina. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/4366>.
- Harirchi, S., Sar, T., Ramezani, M., Aliyu, H., Etemadifar, Z., Nojoudi, S., Yazdian, F., Awasthi, M., & Taherzadeh, M. (2022). Bacillales: From Taxonomy to Biotechnological and Industrial Perspectives. *Microorganisms*, 10(12), 2355. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122355>.
- Hernández, B., Ávila, P. y Suárez, S. (2015). Metodología para el diseño de red de monitoreo en el aire ambiente de H₂S proveniente de emisiones industriales. *AMICA*, 1-7. <http://www.amica.com.mx/issn/archivos/126.pdf>.
- Hernández, S. (2018). *Análisis de la percepción en la contaminación de arroyos urbanos en la microcuenca el Riito en Tonalá Chiapas, México*. [Tesis para maestría, El Colegio de la Frontera Norte]. Repositorio Colef. <https://www.colef.mx/posgrado/tesis/20161346/>.
- Herrera, K. (2009). Impacto de la calidad microbiológica del aire externo en el ambiente interno en la salud del personal de cuatro laboratorios de instituciones públicas en la Ciudad de Guatemala y Bárcenas Villa Nueva. *Fodecyt*. 2. 2-576.
- Herrera, K., Cóbar, K., Barrios, R., Pierola, K., Chamalé, W., Quan, J., Moreno, M., Paxtor, J. y Mass, J. (2015). Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos colecciones biológicas y dos muros de la ciudad de Guatemala. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, 25(2), 1-16. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5263264>.

- Herrera, K., Cobar, O., De León, J., Rodas, A., Boburg, S., Quan, J., Pernilla, L., Mancilla, C. y Gudiel, H. (2012). Impacto de la calidad microbiológica del aire externo en el ambiente interno de cuatro laboratorios de instituciones públicas en la ciudad de Guatemala y Bárcenas, Villa Nueva. *Revista Científica*, 22(1), 30-38. <https://doi.org/10.54495/rev.cientifica.v22i1.120>.
- Holdridge, L. (1982). Ecología basada en zonas de vida. <http://www.cct.or.cr/contenido/wp-content/uploads/2017/11/Ecologia-Basada-en-Zonas-de-Vida-Libro-IV.pdf>
- Hu, J., VanZomeren, C., Inglett, K., Wright, A., Clark, M., & Reddy, K. (2017). Greenhouse Gas Emissions Under Different Drainage and Flooding Regimes of Cultivated Peatlands. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 122(11), 3047-3062. <https://doi.org/10.1002/2017jg004010>.
- Hurst, C. (2019). Dirt and Disease: The Ecology of Soil Fungi and Plant Fungi that are infectious for vertebrates. *Understanding Terrestrial Microbial Communities (Advances in Environmental Microbiology)*. (pp. 289-401). Springer.
- Instituto Municipal de Planeación de Mérida [IMPLAN]. (2021). *Sistemas Urbanos de Drenaje Pluvial Sostenible para Mérida*. Isla Mérida. 1-35. http://isla.merida.gob.mx/serviciosinternet/ordenamientoterritorial/docs/Beneficiosimplementacion_SUDS.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017 - Huánuco
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSHT] (2000). *NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior*. MITES. 1-6.
- Instituto Nacional de Seguridad y salud en el trabajo [INSST]. (2022). *Hongos*. INSST. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.
- Jambo, L. y Mendoza, L. (2019). *Evaluación de la calidad microbiológica del aire en el aire de influencia de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca, en el periodo 2018 – 2019*. [Proyecto para optar título, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23016>.
- Janda, J. M., & Abbott, S. L. (2006). The Genus *Hafnia*: from Soup to Nuts. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1), 12–28. <https://doi.org/10.1128/cmr.19.1.12-28.2006>.

- Kandi, V., Vaish, R., Gurrapu, P., Koka, S., & Bhoomigari, M. (2020). Geotrichosis Presenting As Funguria and Asymptomatic Urinary Tract Infection in a Patient with Renal Cyst. *Cureus*, *12*(4). <https://doi.org/10.7759/cureus.7616>
- Lebrato, J., Pozo, L., Martin, L., Garvi, D. y Franco, M. (2009). “*Canales abiertos de saneamiento*”. 1-5.
- Leon, B. y Toledo, L. (2019). *Influencia de aguas pluviales en conexiones domiciliarias al sistema de desagüe, Sucre, en precipitaciones y propuesta de diseño, Huaraz, 2018*. [Trabajo para optar título, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38619>.
- Li, X., Wahlroos, O., Haapanala, S., Pumpanen, J., Vasander, H., Ojala, A., Vesala, T., & Mammarella, I. (2020). Carbon dioxide and methane fluxes from different surface types in a created urban wetland. *Biogeosciences*, *17*(13), 3409-3425. <https://doi.org/10.5194/bg-17-3409-2020>
- Liang, Z. S., Sun, J., Chau, H. K. M., Leong, E. I. M., Wu, D., Chen, G. H., & Jiang, F. (2019). Experimental and modelling evaluations of sulfide formation in a mega-sized deep tunnel sewer system and implications for sewer management. *Environment International*, *131*, 105011. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105011>.
- Liu, Y. (2015). *Measurement and understanding of methane emission from sewers*. [Tesis para doctorado, The University of Queensland]. UQ eSpace. <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:368648>.
- Liu, Y., Sharma, K., Murthy, S., Johnson, I., Evans, T., & Yuan, Z. (2014). On-line monitoring of methane in sewer air. *Scientific Reports*, *4*(1), 6637-6637. <https://doi.org/10.1038/srep06637>.
- Llumiquinga, J. y Ubidia, M. (2007). *Construcción de un sistema de monitoreo y control de calidad de aire en un ambiente cerrado*. [Proyecto para obtener Título, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio BIBDIGITAL. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/184>.
- Loaiza, S. (2016). *Cuantificación de gases de efecto invernadero generados en represa y embalses tropicales: caso Calima – Valle del Cauca*. [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57559/Sandra_Patricia_Loaiza-2016.pdf?sequence=1.

- Lopardo, H., Predari, S. y Vay, C. (2016). *Manual de microbiología clínica de la Asociación Argentina de microbiología*. Asociación Argentina de Microbiología. 1-429. <https://www.aam.org.ar/descarga-archivos/Parte21Enterobacterias.pdf>.
- López, C. (2015). Protocolo de Prácticas de Microbiología General. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Lorenzo, Y. y Obaya, C. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XXXIX(1), 35-48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659006>
- Lozada, D. y Giraldo, E. (2019). *Origen de los olores en platas de tratamientos de aguas residuales*. [Tesis para optar título, Escuela Colombiana de Ingeniería]. Repositorio Digital. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/981>.
- Malone, S., Pearce, L., & Peterson, J. (2017). Environmental toxicology of hydrogen sulfide. *Nitric Oxide*, 71, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2017.09.011>.
- Manrique De Lara, L. (2022). Comportamiento meteorológico y determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 – 2020 en Tingo Maria. [Tesis para optar título, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2137>.
- Mar, C., Barboza, A. y Molar, J. (2021). Metodología de la investigación. Métodos y técnicas. Patria Educación.
- Marin, M. (2019). “*Relación entre contaminación del aire y la salud de los pobladores del sector Nueva Esperanza, en el Distrito de Villa María del Triunfo, mes de agosto 2018*”. [Tesis para optar título, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio UNNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3952>.
- Marques, V., Ursi, S., Silva, E., & Katon, G. (2020). Environmental Perception: Notes on transdisciplinary approach. *Scientific Journal of Biology & Life Sciences*, 1(2). Doi: 10.33552/SJBLS.2020.01.000511.
- Martínez, E., Mario, C., Daniels, F. y Montoya, A. (2007). Contaminación atmosférica y efectos en la salud de la población de Medellín y su área metropolitana. Universidad de Antioquia Medellín. 7-106.
- Martínez, M. (2018). “*Estudio micológico en el área de plantas vasculares briofitas -BIGU- y la Unidad de Biodiversidad, tecnología y aprovechamiento de hongos del Departamento de Microbiología (BioTAH-) en el área de la MICOTECA, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en la Universidad de San Carlos de Guatemala, dentro del proyecto evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en*

- algunos museos, herbarios y colecciones de interés científicos en la Ciudad Guatemala*". [Trabajo para optar título, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Biblioteca USAC. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB1193.pdf>.
- Maucieri, C., Borin, M., Milani, M., Cirelli, G. L., & Barbera, A. C. (2019). Plant species effect on CO₂ and CH₄ emissions from pilot constructed wetlands in Mediterranean area. *Ecological Engineering*, 134, 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.04.019>.
- Mejía, K. y Rincón, Y. (2017). *Evaluación de los olores ofensivos en Ocaña Norte de Santander generados en el Rio Tejo mediante un sensor electrónico para determinar lugares críticos y sustancias que lo producen*. [Tesis para optar título, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. Repositorio UFPSO. <http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/1666>
- Melgar, K., y Zamora, N. (2021). Diseño del sistema de drenaje pluvial, alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad. [Tesis para optar título, Universidad de El Salvador]. Repositorio UES. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/24383/>.
- Méndez, C., Camacho, J. y Echeverry, S. (2015). Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva, Colombia. *Revista de salud pública*, 17(5), 728-737. <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v17n5.3846>.
- Mendoza, J. (2019). *Propuesta para reducción de nivel de riesgo y control por gas metano en mantenimiento para redes de alcantarillado en Distrito de Paucarpata*. [Tesis para optar título, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio UTP.
- Ministerio de Salud [MINSA]. (2012). Unidad temática N° 4: Vigilancia y control vectorial. MINSA. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4517.pdf>.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia [MinSalud]. (2012). *Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas Urbanas*. MINSALUD. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/impacto-olores-ofensivos-salud.pdf>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma OS.060: Drenaje pluvial urbano. 40-60. https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_SoloeSaneamiento.pdf.

- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2012). Sistema de saneamiento ambiental – Módulo 6. MINAM.http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/sistemas_de_saneamiento_ambiental.pdf.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). *Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias*. MINAM. 1-46. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Proyecto-de-DS-ECA-AIRE.pdf>.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile [MMA]. (2018). *Guía de la Calidad del Aire y Educación Ambiental*. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile [MMA]. (2019). *Guía técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas*. <https://olores.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/03/Guia-tecnica-para-la-gestion-de-las-emisiones-odoriferas.pdf>.
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico [MITECO]. (2017). *Contaminantes orgánicos persistentes: COP*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/contaminantes-organicos-persistentes-cop/>.
- Molina, P. (2013). Simulación numérica de un problema de contaminación atmosférica. [Trabajo para doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://oa.upm.es/30472/1/PEDRO_MOLINA_JIMENEZ.pdf.
- Moreano, D. y Palmisano, A. (2012). *Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del Campus Universitario debido a la emisión de partículas PM₁₀ y CO*. [Tesis para optar título, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1763>.
- Moreno, C. (2009). *Hafnia alvei*. *Revista Chilena de Infectología*. 26(4), 355. <https://www.scielo.cl/pdf/rci/v26n4/art09.pdf>.
- Moreno, M. y Paxtor, J. (2014). *Determinación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos museos de la ciudad de Guatemala*. [Tesis para optar título, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3543.pdf.
- Moreno-Silva, C., Calvo, D., Torres, N., Ayala, L., Gaitán, M., González, L., Rincón, P., & Susa, M. (2020). Hydrogen sulphide emissions and dispersion modelling from a wastewater reservoir using flux chamber measurements and AERMOD®

- simulations. *Atmospheric Environment*. 224, 117263.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117263>
- Mota, C., Alcaraz, C.; Iglesias, M., Martínez, M. y Carvajal, M. (2011). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos. *LESSCO2*, 1-43.
- Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP]. (2021). “*Estudio de caracterización de residuos sólidos para el expediente definitivo, mejoramiento y ampliación del servicio de limpieza y disposición final de los residuos sólidos en los 5 Distritos de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco*”. 14-20.
- Murray, P., Rosenthal, K. y Pfaller, M. (2021). *Microbiología médica* (9.ª ed). Elsevier.
- Nabors, M. (2006). Introducción a la botánica. Pearson, 458-479.
<http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2011/bot/19.pdf>.
- National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2018). Flavorings Related Lung Disease: Exposure Limits. NIOSH.
<https://www.cdc.gov/niosh/topics/flavorings/limits.html#print>.
- National Institute for Research and Security [INRS]. (2010). *Seguridad en la utilización de detectores de gases*. 1-3. <http://prevencion.umh.es/files/2011/09/seguridad-en-la-utilizacion-de-detectores-de-gases.pdf>.
- Norberg, L., Berglund, Ö., & Berglund, K. (2018). Impact of drainage and soil properties on carbon dioxide emissions from intact cores of cultivated peat soils. *Mires and Peat*. 21(3), 1-14. http://mires-and-peat.net/media/map21/map_21_03.pdf.
- Nudman, A. (2009). *Estudio de la generación y transporte de gas sulfhídrico en las redes de aguas servidas*. [Tesis para optar título, Universidad de Chile]. Repositorio Uchile.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103336>.
- Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2007). *Human Health Effects from Exposure to Low-Level Concentrations of Hydrogen Sulfide*. 1-5.
<https://ohsonline.com/Articles/2007/10/Human-Health-Effects-from-Exposure-to-LowLevel-Concentrations-of-Hydrogen-Sulfide.aspx?Page=1&p=1>.
- Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (s.f). Hydrogen Sulfide.
<https://www.osha.gov/hydrogen-sulfide/hazards>.
- Ojeda, J., Baeza, P., Goddard, M., & Fernanda, M. (2020). Sulfur or Pollen? Chemical, Biological, and Toxicological Basis for the Correct Risk Communication of Urban Yellow Dust Deposition. En P. De Voogt (Ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (pp. 70 – 81). Springer.

- Olivares, L. (2021). Importancia de los detectores de gas en las industrias químicas. [Tesis para optar título, Universidad de Sotavento A.C.]. Repositorio UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/DGB_UNAM/TES01000822703/3/0822703.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas. [ONU]. (2022). Derecho a un ambiente limpio, saludable y sostenible: el medio ambiente no tóxico. 1 – 24.
- Organización internacional de trabajo [ILO]. (2018). Fichas Internacionales de Seguridad Química (ICSCs): 0291 – Metano. https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=0291&p_version=2
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2020). Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero. 1-9.
- Orozco, P. (2016). *Alternativas para el manejo de aguas pluviales en medios Urbanos. Estudio de caso: Implementación y manejo de los canales pluviales en las cuencas del Salitre y Tintal en el marco del proceso de recuperación Río Bogotá 2000-2014*. [Tesis para optar título, Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario]. Repositorio UROSARIO. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/12714>.
- Ortega, D. (2017). *Implementación de un prototipo para el monitoreo de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y metano (CH₄) en lugares residenciales utilizando el sistema operativo Android y Arduino*. [Proyecto para optar título, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital – EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17554/1/CD-8061.pdf>.
- Osejos, M., Merino, M. & Merino, M. (2018). Impacto Ambiental del Sistema de Alcantarillado en la Ciudadela «3 de mayo» de la Ciudad de Jipijapa - Ecuador. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 21(41), 61–74. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14994>.
- Parra, R. (2015). Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. *Revista Producción + Limpia*. 10(2), 1-18. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/1436>.
- Peacock, M., Audet, J., Bastviken, D., Futter, M., Gauci, V., Grinham, A., Harrison, J., Kent, M., Kosten, S., Lovelock, C. E., Veraart, A., & Evans, C. (2021). Global importance of methane emissions from drainage ditches and canals. *Environmental Research Letters*, 16(4), 044010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abeb36>.

- Pepper, I., & Gentry, T. (2015). Microorganisms Found in the Environment. En I. Pepper., C. Gerba., & T. Gentry (Eds.), *Environmental Microbiology (3.ª edición)*. (pp. 9 – 34). Academic Press.
- Piccardo, M., Geretto, M., Pulliero, A., & Izzotti, A. (2022). Odor emissions: A public health concern for health risk perception. *Environmental Research*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112121>
- Picek, T., Čížková, H., & Dušek, J. (2007). Greenhouse gas emissions from a constructed wetland - Plants as important sources of carbon. *Ecological Engineering*, 31(2), 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.008>.
- Pietrucha, T. (2017). Ability to Determine the Quality of Indoor Air in Classrooms without Sensors. *E3S web of conferences*, 17, 00073. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20171700073>.
- Pinti, D. (2021). Present – Day Atmospheric Composition. En Elias, S., & Alderton, D (Eds.), *Encyclopedia of Geology (2.ª ed.)* (pp. 187 – 197). Academic Press.
- Placeres, M., Diego, F. y Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Cubana Hig Epidemiol*, 44(2), 1-14. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v44n2/hie08206.pdf>.
- Pollard, B. (2021). *Methane emissions from stormwater ponds*. [Tesis para optar título, Rochester Institute of Technology]. RIT Scholar Works. <https://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=12033&context=theses>.
- Porta, A., Sanchez, E., y Colman, L. (2018). Calidad del aire: Monitoreo y modelado de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud pública. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Public Health England. [PHE]. (2019). *Compendium of Chemical Hazards: Methane*. 1-4.
- Public Health England. [PHE]. (2020). *UK Standards for Microbiology Investigations: Identification of Staphylococcus species, Micrococcus species and Rothia species*. 1-26.
- Purkait, N., & Chakrabarty, D. (2015). Methane emission from open drain. *Indian Journal of Radio & Space Physics*, 44, 56-59.
- Quan, J. (2012). *Caracterización de cepas fúngicas aisladas del aire interior y exterior de los laboratorios: LAMIE (Laboratorio Microbiológico de Referencia), LAMIR (Laboratorio de Análisis Físicoquímico y Microbiológico) y AMSA (Autoridad en el Manejo Sustentable del Lago de Amatitlán)*. [Tesis para optar título, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Biblioteca USAC.

- Querol, X. (2018). La calidad del aire en las ciudades: un reto ambiental. Fundación Gas Natural Fenosa. <https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>.
- Quispe, A., Núñez, M. y Sánchez, W. (2018). “*Propuesta de Mejora de Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de San Miguel – Cajamarca*”. [Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN.
- Rafael, Z. (2007). *Determinación y diferenciación de Pantoea agglomerans y patógenos por medio de perfiles de ácidos grasos a partir de aislamientos de 5 variedades de semillas de Aillum cepa L.* [Tesis para optar título, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. CYBERTESIS UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/826>.
- Ramirez, D., y Giron, M. (2022). *Enterobacter Infections*. StatPearls.
- Ramos, L. (2019). *Microorganismos patógenos del aire presente en las partículas atmosféricas sedimentales de las áreas verdes de Tingo María (abril-junio 2018)*. [Tesis para optar título, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1454>.
- Ramos, R. y Meza, V. (2017). Efectos de algunos factores meteorológicos sobre la concentración de esporas de hongos en la plaza San Martín de Lima. *Ecología Aplicada*, 16(2). 143-149. <https://doi.org/10.21704/rea.v16i2.1018>.
- Ramos-Vivas, J. (2020). Microbiología de Hafnia alvei. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 38, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2020.02.001>.
- Raub, J. & Benignus V. (2002). Carbon monoxide and the nervous system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(8), 925-940. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(03\)00002-2](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(03)00002-2)
- Ravichandra, N. (2022). Postharvest Plant Pathology. *Major pathogens of postharvest fruit and vegetables* (pp. 63-111). Editorial New India Publishing Agency.
- Razzaghi-Abyaneh, M., & Rai, M. (2022). *Introductory Chapter: The Genus Aspergillus - Pathogenicity, Mycotoxin Production and Industrial Applications*. In IntechOpen eBooks. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105200>
- Reátegui, P., Esteban, I., Parí, D., Zeña, J., Caruzo, P. y Bernal, S. (2021). Niveles de Monóxido de Carbono causado por la festividad de “San Juan” en la ciudad de Pucallpa 2021. *Revista de Investigación Universitaria*, 11(2). 1-15.
- Reyes, H., Ortiz, J., Alvarez, M., y Cobos, J. (2020). Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(9), 421. <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i9.658>.

- Righetto, A., Gomes, K. & Sousa, F. (2017). Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 22(6), 1109–1120. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017162357>
- RKI. (2022). *GX-6000 Operator's Manual*. RKI, 71-0362 (T), 1-262.
- Rodríguez, C. (2018). *Análisis de la implementación de la resolución 1541 de 2013 por la cual se reglamenta la gestión de olores ofensivos como soporte para proponer un ajuste Normativo desde la Gestión Ambiental*. [Tesis para magister, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/38553>.
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372-3385. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez, D., Muñoz, R., Cornejo, J. y Espinoza, C. (2004). *Tratamiento, recolección y disposición de aguas residuales*. Universidad de Chile. 1-17.
- Rojo, D., Rojo, M., & Girbés, T. (2021). Airborne Microorganisms Present in the Atmosphere in Valladolid, Spain. *Open Journal of Air Pollution*, 10(02), 31–52. <https://doi.org/10.4236/ojap.2021.102003>.
- Romero, C. y Castañeda, D. (2015). *Determinación de bacterias en el aire del laboratorio de microbiología de la facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá asociadas a posibles afecciones en la salud*. [Trabajo para optar título, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio UDISSTRITAL. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3997>.
- Romero, C., Castañeda, D. y Acosta, G. (2016). Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. *Nova*, 14(26), 101–109. <https://doi.org/10.22490/24629448.1756>.
- Ruiz-Gil, T., Acuña, J., Fujiyoshi, S., Tanaka, D., Noda, J., Maruyama, F., & Jorquera, M. (2020). Airborne bacterial communities of outdoor environments and their associated influencing factors. *Environment International*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106156>.
- Saif, F., Yaseen, S., Alameen, A., Mane, S., & Undre, P. (2020). Identification of *Penicillium* Species of Fruits Using Morphology and Spectroscopic Methods. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1644/1/012019>

- Sánchez, K. y Almaguer, M. (2014). Aeromicología y salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 66(3), 322-337. <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v66n3/mtr02314.pdf>.
- Sandoval, V. y Peralta, N. (2020). *Evaluación de la percepción de olores ofensivos en el barrio Montecristo ubicado en el Norte-Centro Histórico de Barranquilla, Atlántico*. [Trabajo para optar título, Universidad de la Costa]. Repositorio CUC. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/7164>
- Santiago, I. (2003). Intoxicación por gases. *Anales del Sanitario de Navarra*, 26(1), 173-180. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200010.
- Šantl-Temkiv, T., Amato, P., Casamayor, E., Lee, P., & Pointing, S. (2022). Microbial ecology of the atmosphere. *FEMS Microbiology Reviews*, 46(4). <https://doi.org/10.1093/femsre/fuac009>.
- Satish, U., Mendell, M., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. (2012). Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671-1677. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104789>.
- Segado, A., Alonso, A., Lubián, S. y García, A. (2012). *Pantoea agglomerans*: ¿un nuevo patógeno en la unidad de cuidados intensivos neonatales? *Archivos Argentinos de Pediatría*, 110(4), e77-e79. <https://doi.org/10.5546/aap.2012.e77>.
- Seigneur, C. (2019). Brief History of Air Pollution. Brief History of Air Pollution. En Seigneur (Ed.), *Air Pollution: Concepts, Theory, and Applications* (pp. 1 – 5). Cambridge University Press.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2023). Datos hidrometeorológicos a nivel nacional - Estación: Tingo Maria.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. [SENAMHI]. (2017). Atlas de Zonas de Vida del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/259>.
- Shelton, B., Kirkland, H., Flanders, W., & Morris, G. (2002). Profiles of Airborne Fungi in Buildings and Outdoor Environments in the United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1743-1753. <https://doi.org/10.1128/aem.68.4.1743-1753.2002>.
- Shivanna, K. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of the Indian National Science Academy. Part a, Physical Sciences*, 88(2), 160–171. <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>

- Siebielec, S., Woźniak, M., Gałązka, A. & Siebielec, G. (2020). Microorganisms As Indoor And Outdoor Air Biological Pollution. *Postępy Mikrobiologii - Advancements of Microbiology*, 59(2) 115-127. <https://doi.org/10.21307/PM-2020.59.2.009>.
- Silva, F., & Martínez, T. (2018). Complejo *Enterobacter cloacae*. *Revista chilena de infectología*, 35(3), 297–298. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182018000300297>.
- Solomon, S., Qin, D. y Manning, M. (2018). Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático pero no aprobado en detalles.
- Stefan, R., Stephen, M., Timothy, M., & Steve, M. (2019). Capítulo 1: La Ciencia de la microbiología. *Jawetz, Melnick, & Adelberg - Microbiología Médica (28.ª ed.)* (pp.1-13). McGraw Hill.
- Sui, S. (2017). *¿Es posible la separación de los alcantarillados de agua residuales y de aguas lluvia en Ciudades Colombianas?* [Tesis para optar título, Universidad de los Andes]. Repositorio UNIANDES. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/61494/12972.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Taimal, F. (2020). Percepción de los habitantes aledaños a la quebrada “Rio Chiquito” del municipio Cumbal – Nariño por los vertimientos de aguas residuales en este afluente de agua, 2020. [Trabajo para optar título, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/32373>.
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>.
- United States Department of Agriculture [USDA]. (2020). Carbon Dioxide Health Hazard Information Sheet. 3. https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/Carbon-Dioxide.pdf.
- University of California [UCDAVIS]. (2018). *Geotrichum spp.* UCDAVIS.
- Velandia, F. (2017). *Determinación de la existencia de molestia por olores ofensivos generados por el embalse El Muña en el Municipio de Sibaté, Cundinamarca.* [Informe de práctica, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio UCundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2506>.
- Veloza, P. y Misnaza, B. (2019). *Evaluación de los impactos odoríferos ocasionados por la Quebrada sabaneta en el barrio Mandalay, sector B, Fusagasugá, Cundinamarca.*

- [Tesis para optar título, Universidad de la Salle]. Ciencia La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1152.
- Villaraigosa, A. (2011). *Sewer odor control master plan*. City of Los Angeles. 1-168. <https://www.lacitysan.org/cs/groups/public/documents/document/y250/mdez/~edisp/cnt013943.pdf>.
- Villarreal, M., Villa, E., Cira, L., Estrada, M., Parra, F. y De los Santos, S. (2017). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 95-130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>.
- Walterson, A., & Stavrinides, J. (2015). *Pantoea*: insights into a highly versatile and diverse genus within the Enterobacteriaceae. *FEMS Microbiology Reviews*, 39(6), 968–984. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuv027>.
- World Health Organization [WHO]. (2021) WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. 1-300. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- Wu, W., Feng, Y., & Zong, Z. (2020). Precise Species Identification for *Enterobacter*: a Genome Sequence-Based Study with Reporting of Two Novel Species, *Enterobacter quasiroggenkampii* sp. nov. and *Enterobacter quasimori* sp. nov. *MSystems*, 5(4). <https://doi.org/10.1128/msystems.00527-20>.
- Yadav, A., Verma, P., Kumar, V., Sangwan, P., Mishra, S., Panjari, N., Gupta, V., & Saxena, A. (2017). Biodiversity of the Genus *Penicillium* in Different Habitats. En Gupta (Ed.), *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. (pp. 3–18). Elsevier.
- Yin, Z., Yuan, C., Du, Y., Yang, P., Qian, C., Wei, Y., Zhang, S., Huang, D., & Liu, B. (2019). Comparative genomic analysis of the *Hafnia* genus reveals an explicit evolutionary relationship between the species *alvei* and *paralvei* and provides insights into pathogenicity. *BMC Genomics*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6123-1>.
- Zaragoza, Ó. (2018). Los hongos microscópicos ¿Amigos o enemigos? Editorial Los Libros de la Catarata.
- Zubelzu, S., Rodríguez, L., Andrés, I., Castillo, J., & Perales, S. (2019). Design of water reuse storage facilities in Sustainable Urban Drainage Systems from a volumetric water balance perspective. *Science of The Total Environment*, 663, 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.342>.

ANEXOS

Anexo A. Detalle de las encuestas aplicadas a los pobladores aledaños a los canales pluviales

Apéndice 1: Información general de los encuestados

A. Lugar de los encuestados perteneciente a los canales pluviales

Asimismo, se planteó conocer los residentes que viven aledaños del área de estudio, donde el 37% de los encuestados estaba comprendido por los residentes en el canal Aguas Verdes, seguido por el canal Qushuro representando un 26% de encuestados, en cuanto a los residentes que viven y/o trabajan aledaño del canal Dos Amigos fueron un total del 21%, así también se encontraban los residentes aledaños a la Quebrada del Águila con un 16% del total de encuestados (Figura 14).

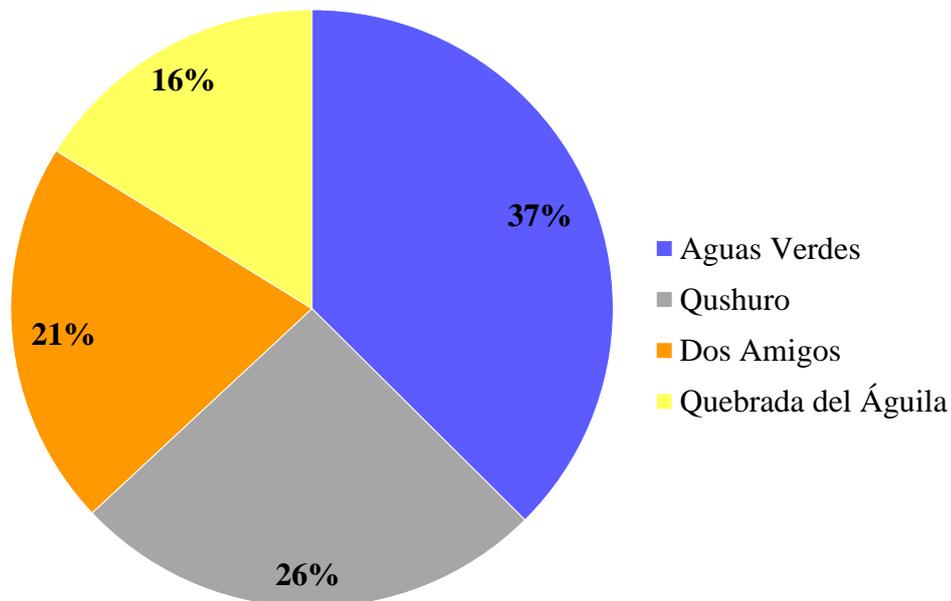


Figura 14. Lugar del encuestado

Apéndice 2: Información específica de los encuestados

A. Nivel de afectación de la calidad del aire en la salud y/o medio ambiente

Se observa que el 42% de los encuestados considera que la afectación sería mucho, mientras que el 37% opina que sería regular. Solamente el 2% alude que una mala calidad del aire no tiene ningún efecto (Figura 15).

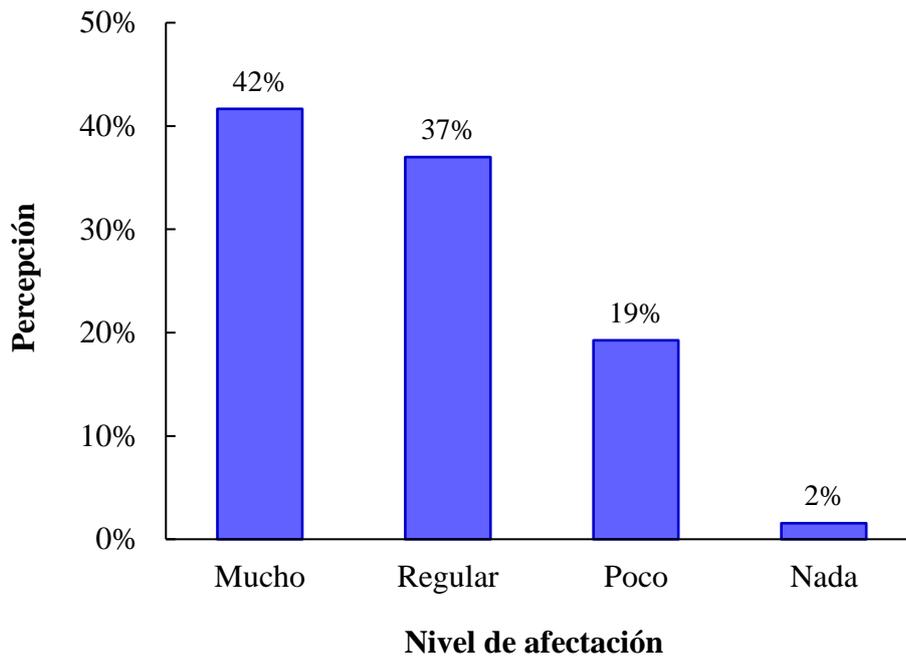


Figura 15. Percepción sobre el nivel de afectación

B. Percepción de la intensidad de los olores emitidos por los canales pluviales

En cuanto a la percepción de olores desagradables emitidos por los canales pluviales, se muestra que la población que residen aledañas a los canales pluviales percibe con una intensidad fuerte en un 51%, y el 26% de los encuestados indicaron percibirlos con una intensidad muy fuerte. Por el contrario, solo un 23% reportó percibir el olor con una intensidad débil (Figura 16).

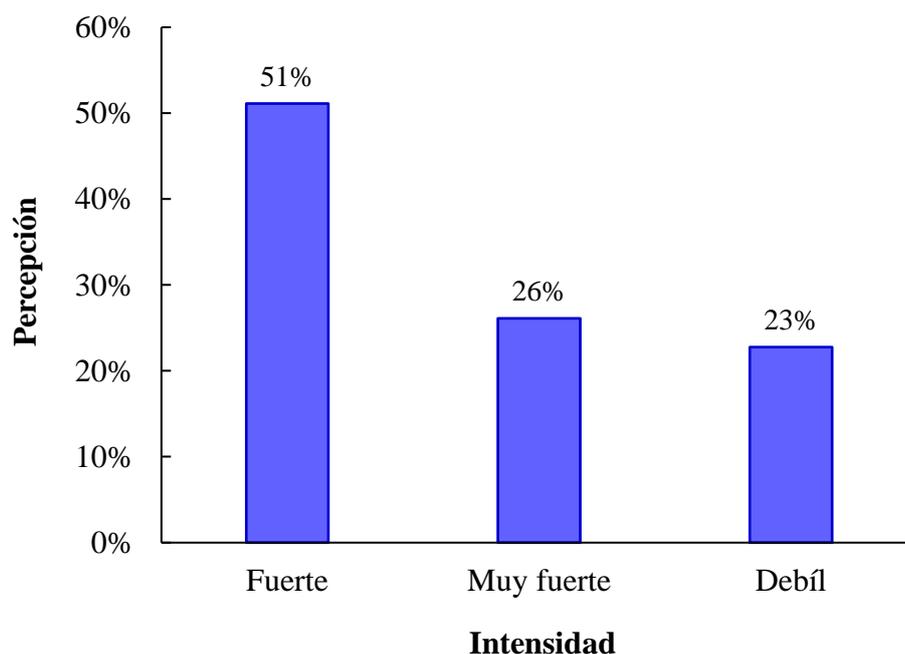


Figura 16. Intensidad de percepción respecto a los olores desagradables

C. Horario de percepción de los olores emitidos por los canales pluviales

En cuanto al horario en que se perciben los olores desagradables emitidos por los canales pluviales, el 76 % de los encuestados consideran que son más perceptibles en el turno tarde, un 12% perciben los olores en el turno noche, y 7% de los encuestados perciben los olores en el turno mañana, mientras que otro 5% perciben el olor durante todo el día (Figura 17).

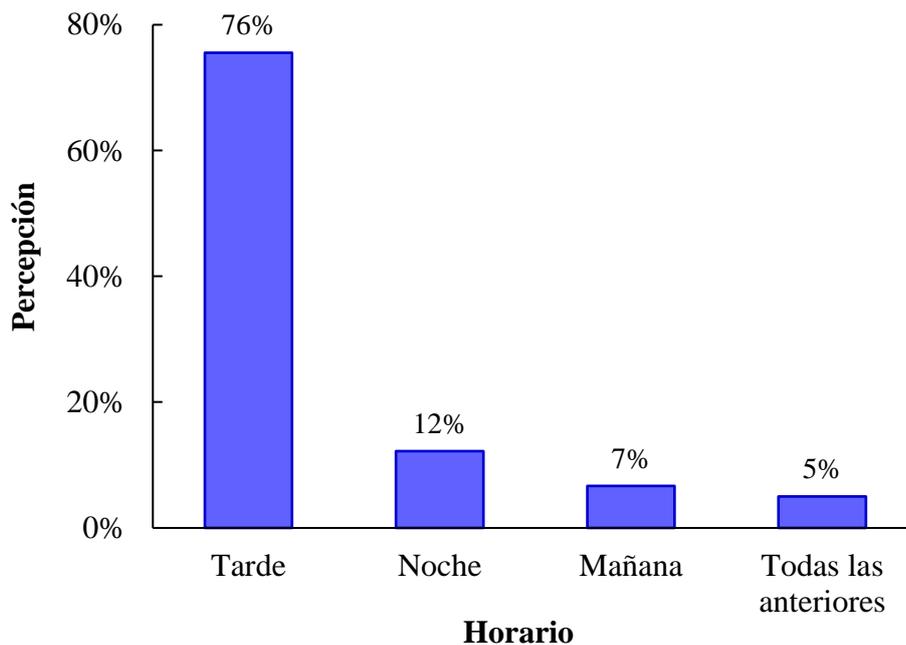


Figura 17. Horario de percepción respecto a los olores desagradables

D. Reacción ante la percepción de los olores desagradables

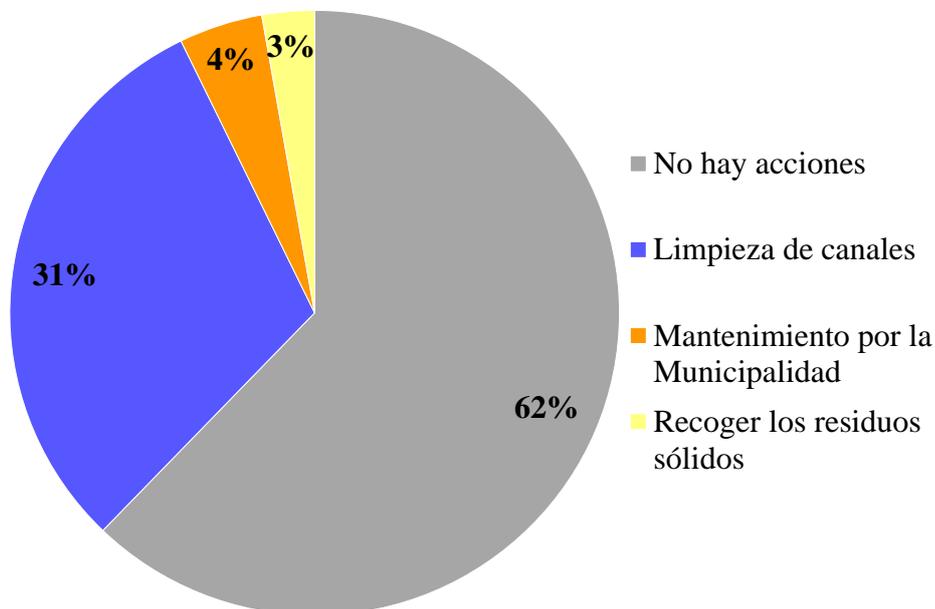
Las respuestas de los residentes ante la percepción de los olores desagradables, revela que en algunas veces les perturba en la conversación (41%), altera su estado de humor (37%) e incluso disminuye su apetito (29%). Por otro lado, los encuestados afirman que el olor rara vez les dificulta conciliar el sueño (42%) (Tabla 16).

Tabla 16. Reacción ante la percepción de olores desagradables

| Frecuencia | Reacción ante olores desagradables | | | |
|---------------|------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | Perturba en la conversación | Cambio de humor | Pérdida de apetito | Conciliar el sueño |
| Nunca | 3% | 4% | 4% | 22% |
| Rara vez | 19% | 22% | 25% | 42% |
| Algunas veces | 41% | 37% | 29% | 21% |
| A menudo | 19% | 23% | 27% | 12% |
| Casi siempre | 17% | 14% | 15% | 4% |

E. Acciones sobre la problemática en los canales pluviales

Respecto a las acciones para minimizar la problemática identificada, el 62% de los encuestados respondió que no se realiza ninguna acción. Solo el 31% indicó que se realizan limpieza a los canales, pero esta acción se lleva a cabo una o dos veces al año. Además, el 4% afirman que la municipalidad es encargada del mantenimiento de los canales (Figura 18).

**Figura 18.** Acciones frente a la problemática

Anexo B. Detalle del monitoreo de la concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales

Apéndice 1. Monitoreo de la concentración de gases en el turno mañana durante el mes 1, mes 2 y mes 3

Tabla 17. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno mañana durante el mes 1 (9 febrero – 9 marzo)

| Canal pluvial | Puntos | 10 de febrero | | | | 16 de febrero | | | | 19 de febrero | | | | 22 de febrero | | | | 28 de febrero | | | | 05 de marzo | | | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|---|----|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | | |
| Aguas Verdes | P1 | 0 | 5 | 0 | 20 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1,5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 2 | 1 | 20 |
| | P2 | 0,5 | 3 | 1 | 20 | 0 | 2 | 0 | 20 | 0,5 | 4 | 0 | 0 | 0,5 | 3 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 4 | 1 | 0 | | |
| | P3 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 0 | 20 | | |
| Quebrada del Águila | P1 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,5 | 5 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 20 | 0,5 | 1 | 2 | 20 | 0 | 4 | 0 | 20 | | |
| | P2 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 0 | 20 | 0,5 | 7 | 0 | 20 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | | |
| | P3 | 0,5 | 0 | 0 | 20 | 0 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | 20 | | |
| Dos Amigos | P1 | 0,5 | 2 | 1 | 40 | 0,5 | 2 | 0 | 40 | 0,5 | 6 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 0 | 40 | | |
| | P2 | 0,5 | 0 | 1 | 40 | 0,5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 6 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 20 | 0,5 | 1 | 0 | 20 | 0,5 | 0 | 0 | 20 | | |
| | P3 | 0 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 2,5 | 0 | 1 | 20 | 0 | 2 | 0 | 20 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 20 | | |
| Qushuro | P1 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 20 | | |
| | P2 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 0 | 1 | 0 | 20 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 40 | | |
| | P3 | 0,5 | 1 | 1 | 40 | 0,5 | 1 | 1 | 0 | 1,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | | |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Tabla 18. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno mañana durante el mes 2 (10 marzo – 10 abril)

| Canal pluvial | Puntos | 14 de marzo | | | | 19 de marzo | | | | 26 de marzo | | | | 02 de abril | | | | 05 de abril | | | | 10 de abril | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 0 | 0 | 0 | 40 | 1 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 2 | 2 | 20 |
| | P2 | 1 | 2 | 1 | 40 | 0,5 | 1 | 0 | 40 | 1 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 1 | 0 | 2 | 20 | 0,5 | 4 | 1 | 20 |
| | P3 | 1 | 2 | 1 | 20 | 0 | 1 | 1 | 40 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 1 | 5 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 20 |
| Quebrada del Águila | P1 | 1 | 2 | 1 | 20 | 0 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 4 | 3 | 20 |
| | P2 | 0,5 | 6 | 1 | 40 | 0 | 2 | 1 | 20 | 1 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 1 | 3 | 20 | 1 | 4 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 20 |
| | P3 | 1 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 40 | 1 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 1 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 3 | 2 | 0 |
| Dos Amigos | P1 | 1 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | 1 | 1 | 0 | 20 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 20 | 1,5 | 0 | 3 | 20 |
| | P2 | 0,5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 3 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0 | 0 | 1 | 20 |
| | P3 | 0,5 | 3 | 1 | 20 | 0 | 1 | 1 | 40 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 5 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 2 | 0 |
| Qushuro | P1 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 0 | 60 | 1 | 1 | 2 | 40 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 40 | 0,5 | 4 | 2 | 20 |
| | P2 | 0,5 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 0 | 20 | 1 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 1 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 3 | 20 |
| | P3 | 1 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 40 | 1 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | 1 | 2 | 1 | 20 | 1 | 2 | 2 | 20 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Tabla 19. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno mañana durante el mes 3 (11 abril – 11 mayo)

| Canal pluvial | Puntos | 11 de abril | | | | 18 de abril | | | | 25 de abril | | | | 30 de abril | | | | 03 de mayo | | | | 08 de mayo | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | 0 | 1 | 2 | 40 | 0,5 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 3 | 1 | 40 | 0,5 | 7 | 1 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 40 |
| | P2 | 0,5 | 4 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | 0,5 | 5 | 1 | 20 | 0,5 | 4 | 2 | 40 | 1 | 4 | 2 | 20 | 1 | 1 | 2 | 40 |
| | P3 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 1 | 2 | 2 | 20 | 1,5 | 6 | 3 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 60 |
| Quebrada del Águila | P1 | 0,5 | 4 | 3 | 20 | 0 | 0 | 2 | 40 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | 1 | 2 | 1 | 20 | 1 | 4 | 1 | 20 | 1 | 0 | 1 | 40 |
| | P2 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 0 | 0 | 2 | 40 | 0,5 | 4 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 0 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 40 |
| | P3 | 0,5 | 3 | 2 | 20 | 0,5 | 3 | 2 | 40 | 0,5 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 4 | 2 | 20 | 1,5 | 7 | 2 | 20 | 1,5 | 1 | 2 | 40 |
| Dos Amigos | P1 | 1,5 | 2 | 3 | 20 | 0,5 | 2 | 3 | 20 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 40 | 1,5 | 5 | 2 | 20 | 1,5 | 0 | 2 | 40 |
| | P2 | 0 | 0 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 3 | 20 | 0,5 | 6 | 1 | 0 | 0,5 | 0 | 2 | 40 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 1 | 3 | 2 | 40 |
| | P3 | 0,5 | 1 | 2 | 20 | 0 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 4 | 3 | 20 | 1 | 4 | 3 | 20 | 1 | 2 | 1 | 40 |
| Qushuro | P1 | 0,5 | 4 | 3 | 20 | 0,5 | 0 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 20 | 1 | 7 | 1 | 20 | 1,5 | 0 | 2 | 40 |
| | P2 | 0,5 | 0 | 3 | 20 | 0,5 | 0 | 2 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 3 | 2 | 40 | 1 | 5 | 3 | 20 | 1 | 4 | 2 | 40 |
| | P3 | 1 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 1 | 2 | 40 | 0,5 | 5 | 1 | 20 | 0,5 | 5 | 3 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 20 | 1,5 | 0 | 2 | 40 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Apéndice 2. Monitoreo de la concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO gases en el turno tarde durante el mes 1, mes 2 y mes 3

Tabla 20. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno tarde durante el mes 1 (9 febrero – 9 marzo)

| Canal pluvial | Puntos | 9 de febrero | | | | 12 de febrero | | | | 15 de febrero | | | | 20 de febrero | | | | 24 de febrero | | | | 08 de marzo | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 1.5 | 1 | 2 | 20 | 0.5 | 2 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 2.5 | 5 | 2 | 20 | 1 | 5 | 1 | 0 | 1 | 6 | 2 | 40 |
| | P2 | 2 | 4 | 2 | 20 | 1 | 1 | 2 | 20 | 0 | 2 | 0 | 20 | 2 | 3 | 2 | 20 | 4,5 | 5 | 3 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 40 |
| | P3 | 2,5 | 3 | 2 | 40 | 1 | 2 | 2 | 20 | 0,5 | 0 | 1 | 0 | 1,5 | 0 | 0 | 20 | 2,5 | 0 | 2 | 40 | 2,5 | 5 | 3 | 40 |
| Quebrada del Águila | P1 | 1,5 | 3 | 2 | 20 | 0,5 | 4 | 1 | 20 | 2 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 1 | 20 |
| | P2 | 1 | 2 | 2 | 20 | 0,5 | 4 | 1 | 20 | 2 | 0 | 2 | 20 | 2,5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 20 | 1,5 | 2 | 2 | 40 |
| | P3 | 2 | 2 | 2 | 20 | 1 | 2 | 2 | 20 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 20 | 2 | 2 | 1 | 40 |
| Dos Amigos | P1 | 0,5 | 3 | 3 | 20 | 0 | 0 | 1 | 20 | 0 | 6 | 3 | 40 | 2,5 | 0 | 0 | 0 | 3,5 | 4 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 2 | 40 |
| | P2 | 1 | 2 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | 0,5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | 4 | 2 | 40 | 1 | 3 | 1 | 40 |
| | P3 | 1 | 0 | 3 | 20 | 0 | 3 | 3 | 20 | 0,5 | 3 | 2 | 20 | 1,5 | 0 | 0 | 20 | 2,5 | 6 | 2 | 20 | 1,5 | 1 | 1 | 40 |
| Qushuro | P1 | 3 | 0 | 3 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 20 | 0 | 2 | 1 | 20 | 2 | 0 | 0 | 40 | 2 | 4 | 1 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 40 |
| | P2 | 4 | 0 | 3 | 20 | 0,5 | 0 | 2 | 20 | 0 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 0 | 0 | 0 | 2,5 | 7 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 40 |
| | P3 | 3 | 0 | 3 | 40 | 2 | 0 | 3 | 20 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 20 | 2 | 5 | 1 | 40 | 2 | 1 | 1 | 40 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Tabla 21. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno tarde durante el mes 2 (10 marzo – 10 abril)

| Canal pluvial | Puntos | 10 de marzo | | | | 16 de marzo | | | | 21 de marzo | | | | 25 de marzo | | | | 30 de marzo | | | | 07 de abril | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 2,5 | 2 | 1 | 20 | 1 | 1 | 1 | 20 | 2 | 2 | 2 | 40 | 1,5 | 1 | 1 | 20 | 1 | 1 | 1 | 20 | 2 | 1 | 1 | 60 |
| | P2 | 2 | 5 | 2 | 20 | 2 | 5 | 1 | 20 | 1,5 | 6 | 1 | 20 | 1,5 | 4 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 5 | 1 | 40 |
| | P3 | 1,5 | 2 | 1 | 40 | 1,5 | 2 | 1 | 40 | 1,5 | 2 | 1 | 40 | 1,5 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 4 | 0 | 20 | 2 | 3 | 2 | 60 |
| Quebrada del Águila | P1 | 1,5 | 5 | 2 | 20 | 1,5 | 4 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 1 | 40 | 1,5 | 2 | 2 | 40 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 3 | 2 | 60 |
| | P2 | 1,5 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 40 | 1,5 | 5 | 2 | 40 | 1,5 | 4 | 2 | 20 | 1,5 | 4 | 0 | 20 | 1,5 | 4 | 1 | 60 |
| | P3 | 2,5 | 5 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 2 | 20 | 1,5 | 5 | 2 | 40 | 1,5 | 5 | 2 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 20 | 1,5 | 4 | 2 | 60 |
| Dos Amigos | P1 | 2,5 | 6 | 0 | 20 | 1,5 | 5 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 40 | 2 | 6 | 2 | 20 | 1,5 | 4 | 2 | 20 | 2 | 5 | 1 | 60 |
| | P2 | 1,5 | 5 | 1 | 0 | 0,5 | 3 | 1 | 40 | 1 | 3 | 1 | 40 | 1,5 | 5 | 1 | 20 | 1,5 | 2 | 2 | 20 | 2 | 5 | 1 | 60 |
| | P3 | 2 | 6 | 2 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 1 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 20 | 2 | 3 | 1 | 60 |
| Qushuro | P1 | 3 | 0 | 1 | 40 | 1 | 3 | 2 | 40 | 1,5 | 3 | 1 | 60 | 1,5 | 3 | 1 | 60 | 1 | 3 | 2 | 40 | 2 | 2 | 1 | 60 |
| | P2 | 2,5 | 5 | 2 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 60 | 1 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 0 | 1 | 40 | 2 | 2 | 1 | 60 |
| | P3 | 3 | 6 | 2 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 40 | 2 | 3 | 2 | 40 | 2 | 6 | 2 | 40 | 1,5 | 2 | 2 | 20 | 1,5 | 4 | 1 | 60 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Tabla 22. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno tarde durante el mes 3 (11 abril – 11 mayo)

| Canal pluvial | Puntos | 16 de abril | | | | 22 de mayo | | | | 28 de mayo | | | | 2 de mayo | | | | 9 de mayo | | | | 11 de mayo | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 2 | 9 | 3 | 40 | 2 | 7 | 5 | 20 | 1,5 | 6 | 3 | 20 | 1 | 8 | 5 | 40 | 2,5 | 8 | 2 | 60 | 1,5 | 10 | 2 | 40 |
| | P2 | 1,5 | 6 | 4 | 40 | 2 | 9 | 4 | 20 | 1,5 | 5 | 4 | 20 | 1,5 | 5 | 4 | 60 | 2 | 8 | 2 | 40 | 2 | 11 | 3 | 60 |
| | P3 | 2 | 6 | 3 | 40 | 2,5 | 7 | 4 | 40 | 1,5 | 4 | 3 | 40 | 2 | 9 | 4 | 80 | 2 | 8 | 3 | 60 | 2,5 | 10 | 4 | 20 |
| Quebrada del Águila | P1 | 2 | 6 | 3 | 40 | 2 | 4 | 4 | 40 | 1,5 | 6 | 3 | 40 | 1 | 6 | 4 | 40 | 1,5 | 6 | 2 | 40 | 2 | 6 | 4 | 60 |
| | P2 | 2 | 8 | 3 | 60 | 2 | 5 | 3 | 40 | 2 | 8 | 4 | 20 | 1,5 | 5 | 5 | 60 | 2 | 10 | 3 | 60 | 2 | 10 | 3 | 20 |
| | P3 | 2 | 7 | 3 | 60 | 2 | 6 | 4 | 20 | 2 | 7 | 4 | 20 | 1,5 | 4 | 1 | 60 | 2,5 | 8 | 3 | 40 | 2,5 | 9 | 4 | 40 |
| Dos Amigos | P1 | 2,5 | 8 | 3 | 40 | 2 | 4 | 3 | 40 | 1,5 | 6 | 4 | 40 | 1,5 | 8 | 4 | 40 | 2 | 9 | 3 | 40 | 2,5 | 6 | 4 | 60 |
| | P2 | 1,5 | 4 | 2 | 40 | 1,5 | 6 | 3 | 0 | 1 | 8 | 3 | 20 | 1 | 5 | 3 | 40 | 2 | 9 | 2 | 60 | 2 | 9 | 3 | 60 |
| | P3 | 1,5 | 5 | 3 | 40 | 1,5 | 7 | 2 | 20 | 1,5 | 5 | 3 | 40 | 1 | 6 | 3 | 40 | 3 | 12 | 4 | 60 | 2,5 | 10 | 3 | 20 |
| Qushuro | P1 | 2,5 | 5 | 5 | 40 | 1,5 | 4 | 4 | 20 | 2,5 | 7 | 3 | 40 | 1 | 4 | 4 | 60 | 2,5 | 9 | 4 | 80 | 2 | 8 | 3 | 20 |
| | P2 | 1,5 | 4 | 4 | 40 | 1 | 8 | 4 | 20 | 1,5 | 6 | 3 | 40 | 1 | 9 | 4 | 40 | 2,5 | 6 | 5 | 80 | 1,5 | 9 | 2 | 20 |
| | P3 | 2,5 | 8 | 4 | 60 | 2 | 8 | 2 | 20 | 2 | 6 | 3 | 40 | 1,5 | 5 | 3 | 60 | 3 | 9 | 5 | 40 | 2,5 | 10 | 4 | 20 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Apéndice 3. Monitoreo de la concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO en el turno noche durante el mes 1, mes 2 y mes 3

Tabla 23. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO por los canales pluviales evaluados en el turno noche durante el mes 1 (9 febrero – 9 marzo)

| Canal pluvial | Puntos | 9 de febrero | | | | 15 de febrero | | | | 20 de febrero | | | | 28 de febrero | | | | 02 de marzo | | | | 09 de marzo | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 0 | 2 | 1 | 20 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0,5 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 0 | 0 | 2,5 | 2 | 1 | 40 | 0,5 | 2 | 1 | 20 |
| | P2 | 0,5 | 1 | 0 | 20 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 20 | 1,5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 40 | 0,5 | 1 | 1 | 20 |
| | P3 | 1,5 | 0 | 2 | 20 | 0,5 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 4 | 0 | 20 | 2 | 0 | 0 | 20 | 2 | 3 | 1 | 40 | 1 | 1 | 1 | 40 |
| Quebrada del Águila | P1 | 0,5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 20 | 1 | 0 | 0 | 20 | 0,5 | 7 | 0 | 20 | 2,5 | 0 | 1 | 40 | 0,5 | 2 | 1 | 40 |
| | P2 | 1 | 2 | 2 | 20 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 20 | 0,5 | 4 | 1 | 0 | 1,5 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 3 | 1 | 20 |
| | P3 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 20 | 1 | 3 | 1 | 20 | 1 | 1 | 1 | 20 | 1 | 2 | 1 | 40 |
| Dos Amigos | P1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 0 | 6 | 3 | 40 | 1,5 | 1 | 0 | 20 | 0,5 | 0 | 1 | 20 | 1,5 | 0 | 1 | 40 | 0,5 | 2 | 1 | 40 |
| | P2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1,5 | 1 | 1 | 20 | 1 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 40 |
| | P3 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 4 | 1 | 20 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1,5 | 0 | 0 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 |
| Qushuro | P1 | 1,5 | 0 | 1 | 20 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1,5 | 1 | 1 | 0 | 2,5 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 40 | 1 | 2 | 1 | 20 |
| | P2 | 1,5 | 0 | 1 | 0 | 1,5 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 20 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 4 | 1 | 40 | 0,5 | 2 | 1 | 20 |
| | P3 | 2 | 1 | 2 | 20 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | 1 | 0 | 20 | 1,5 | 0 | 1 | 20 | 2,5 | 0 | 1 | 40 | 1 | 0 | 1 | 40 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Tabla 24. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno noche durante el mes 3 (10 marzo – 10 abril)

| Canal pluvial | Puntos | 10 de marzo | | | | 18 de marzo | | | | 23 de marzo | | | | 28 de marzo | | | | 01 de abril | | | | 08 de abril | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1,5 | 6 | 2 | 20 | 1 | 2 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 40 | 0,5 | 3 | 1 | 20 | 1 | 2 | 1 | 40 |
| | P2 | 1 | 4 | 1 | 20 | 1,5 | 5 | 1 | 20 | 1,5 | 5 | 2 | 20 | 1 | 6 | 1 | 40 | 1 | 5 | 2 | 20 | 1 | 3 | 2 | 40 |
| | P3 | 0,5 | 2 | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 20 | 0,5 | 7 | 1 | 40 | 1 | 3 | 3 | 20 | 1 | 1 | 2 | 40 |
| Quebrada del Águila | P1 | 0 | 1 | 3 | 20 | 0,5 | 1 | 1 | 20 | 1 | 2 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 40 | 0 | 2 | 2 | 20 | 1 | 2 | 2 | 40 |
| | P2 | 0,5 | 0 | 2 | 20 | 1,5 | 4 | 2 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 20 | 1 | 1 | 1 | 40 | 1 | 3 | 1 | 20 | 1 | 5 | 1 | 20 |
| | P3 | 1 | 3 | 2 | 20 | 1,5 | 2 | 2 | 40 | 1,5 | 3 | 2 | 20 | 1 | 4 | 2 | 40 | 1,5 | 3 | 3 | 20 | 1,5 | 4 | 2 | 20 |
| Dos Amigos | P1 | 1 | 3 | 0 | 20 | 1,5 | 2 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 3 | 1 | 20 | 1 | 3 | 2 | 20 | 1 | 2 | 2 | 40 |
| | P2 | 0,5 | 4 | 2 | 20 | 1 | 4 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 1 | 20 | 0,5 | 2 | 1 | 40 | 1 | 3 | 2 | 20 | 1 | 2 | 1 | 20 |
| | P3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1,5 | 2 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 2 | 20 | 0,5 | 5 | 2 | 40 | 1 | 5 | 1 | 20 | 1 | 5 | 1 | 40 |
| Qushuro | P1 | 0,5 | 4 | 2 | 40 | 1,5 | 3 | 1 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 40 | 1 | 1 | 2 | 60 | 1 | 2 | 2 | 20 | 1 | 1 | 2 | 40 |
| | P2 | 0,5 | 3 | 2 | 20 | 1 | 2 | 1 | 40 | 1,5 | 2 | 2 | 40 | 0,5 | 2 | 2 | 40 | 1 | 2 | 2 | 20 | 1 | 2 | 2 | 40 |
| | P3 | 1,5 | 2 | 2 | 20 | 1,5 | 2 | 2 | 40 | 1,5 | 3 | 2 | 20 | 1 | 4 | 2 | 40 | 1 | 3 | 2 | 20 | 1,5 | 4 | 3 | 40 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Tabla 25. Concentración de CH₄, CO₂, H₂S y CO emitidos por los canales pluviales evaluados en el turno noche durante el mes 3 (11 abril – 11 mayo)

| Canal pluvial | Puntos | 13 de abril | | | | 16 de abril | | | | 22 de abril | | | | 29 de abril | | | | 6 de mayo | | | | 10 de mayo | | | |
|---------------------|--------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|------------------|----|-------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ | H ₂ S | CO | CH ₄ * | CO ₂ |
| Aguas Verdes | P1 | 1 | 1 | 3 | 20 | 1,5 | 5 | 1 | 40 | 1 | 6 | 3 | 20 | 0,5 | 8 | 2 | 40 | 1 | 4 | 3 | 20 | 1,5 | 5 | 1 | 40 |
| | P2 | 1,5 | 2 | 2 | 20 | 1,5 | 4 | 1 | 40 | 1 | 5 | 2 | 40 | 1,5 | 6 | 2 | 20 | 1,5 | 3 | 3 | 20 | 1,5 | 4 | 2 | 40 |
| | P3 | 2 | 5 | 3 | 20 | 2 | 6 | 2 | 40 | 1,5 | 6 | 4 | 20 | 1 | 8 | 3 | 40 | 1,5 | 6 | 2 | 20 | 2 | 6 | 2 | 40 |
| Quebrada del Águila | P1 | 1 | 2 | 2 | 20 | 1 | 4 | 1 | 40 | 2 | 6 | 4 | 20 | 1 | 6 | 3 | 40 | 1 | 3 | 3 | 20 | 1 | 4 | 2 | 40 |
| | P2 | 1,5 | 5 | 2 | 20 | 1,5 | 6 | 1 | 60 | 2 | 8 | 4 | 40 | 1 | 5 | 2 | 60 | 1 | 4 | 3 | 20 | 1,5 | 6 | 2 | 60 |
| | P3 | 1 | 4 | 2 | 20 | 1,5 | 5 | 1 | 40 | 2 | 5 | 3 | 20 | 1 | 6 | 3 | 20 | 1 | 6 | 4 | 40 | 1,5 | 5 | 2 | 40 |
| Dos Amigos | P1 | 1,5 | 4 | 3 | 20 | 1,5 | 5 | 2 | 40 | 2 | 6 | 4 | 20 | 1 | 6 | 3 | 40 | 1 | 4 | 3 | 20 | 1,5 | 5 | 3 | 60 |
| | P2 | 1 | 1 | 2 | 20 | 1,5 | 3 | 2 | 40 | 1,5 | 4 | 2 | 20 | 0,5 | 3 | 2 | 20 | 0,5 | 5 | 2 | 20 | 1 | 3 | 2 | 40 |
| | P3 | 1 | 0 | 2 | 20 | 1,5 | 3 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 3 | 20 | 0,5 | 5 | 3 | 20 | 1 | 4 | 3 | 20 | 1 | 3 | 2 | 60 |
| Qushuro | P1 | 1 | 2 | 2 | 40 | 1,5 | 3 | 1 | 60 | 1,5 | 4 | 4 | 20 | 1 | 4 | 3 | 60 | 0,5 | 3 | 2 | 20 | 1 | 3 | 2 | 60 |
| | P2 | 1 | 0 | 2 | 20 | 1 | 3 | 1 | 40 | 1,5 | 4 | 4 | 20 | 1 | 5 | 2 | 20 | 0,5 | 2 | 2 | 40 | 1 | 3 | 2 | 40 |
| | P3 | 1,5 | 2 | 3 | 20 | 1,5 | 5 | 1 | 60 | 1,5 | 7 | 2 | 20 | 1 | 6 | 3 | 40 | 1 | 6 | 3 | 60 | 1,5 | 5 | 2 | 40 |

*: La unidad de medida del CH₄ es %LEL <> (5) (%LEL) (100) ppm

Apéndice 4. Concentración promedio de CH₄, CO₂, H₂S y CO durante el turno mañana, tarde y noche

A. Concentración promedio del metano (CH₄)

La Figura 19 presenta la concentración promedio del CH₄ evaluado en el turno mañana, tarde y noche. Se observa que la mayor concentración se registró en el turno tarde, con un valor de 1 044 ppm, seguida por el turno noche con 800,9 ppm. Por otra parte, la menor concentración se registró en el turno mañana con un valor de 622,7 ppm.

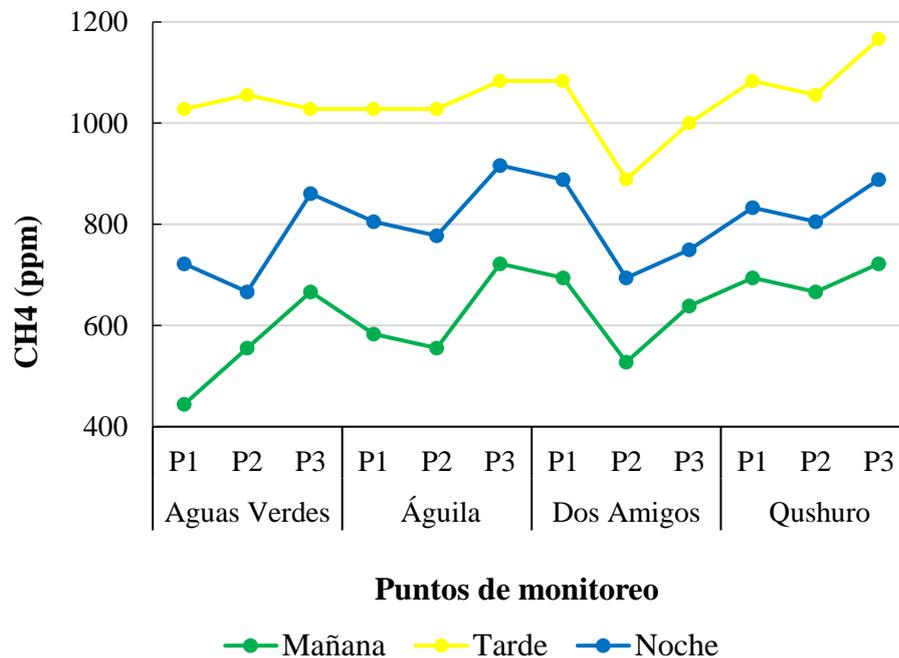


Figura 19. Concentración promedio de CH₄ evaluado en el turno mañana, tarde y noche

B. Concentración promedio del dióxido de carbono (CO₂)

La concentración promedio del CO₂ durante el turno mañana, tarde y noche se visualiza en la Figura 20. Donde la mayor concentración está representada por el turno tarde con 32,1 ppm, seguido el turno noche con 26 ppm y como menor concentración el turno mañana con un valor de 20,7 ppm.

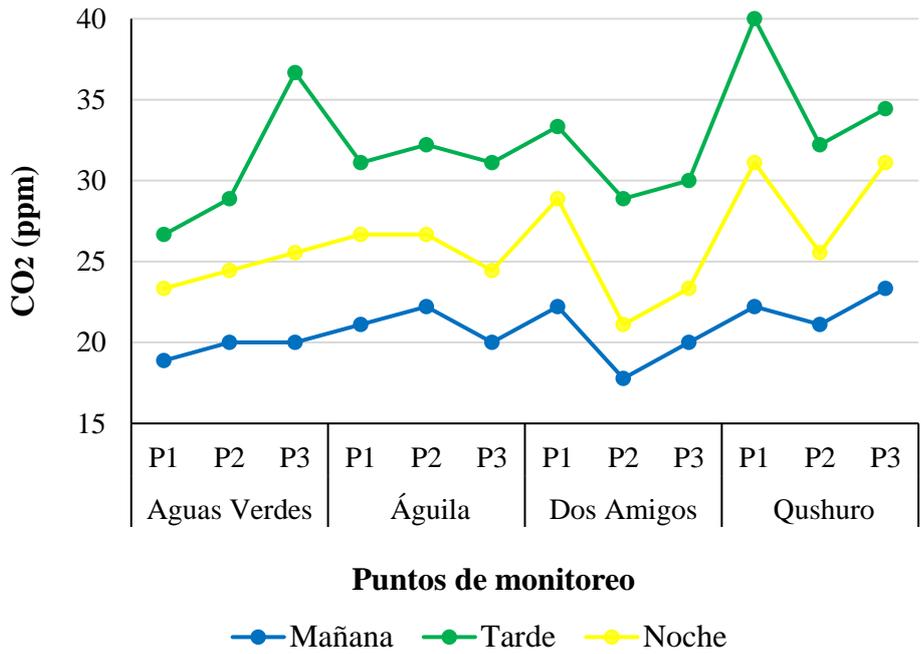


Figura 20. Concentración promedio de CO₂ evaluado en el turno mañana, tarde y noche

C. Concentración promedio del sulfuro de hidrógeno (H₂S)

La Figura 21 muestra el promedio de la concentración de H₂S medido en los turnos mañana, tarde y noche, observándose la mayor concentración en el turno tarde con 1,7 ppm, seguido el turno noche con 1,1 ppm, y la menor concentración se registra en el turno mañana con 0,6 ppm.

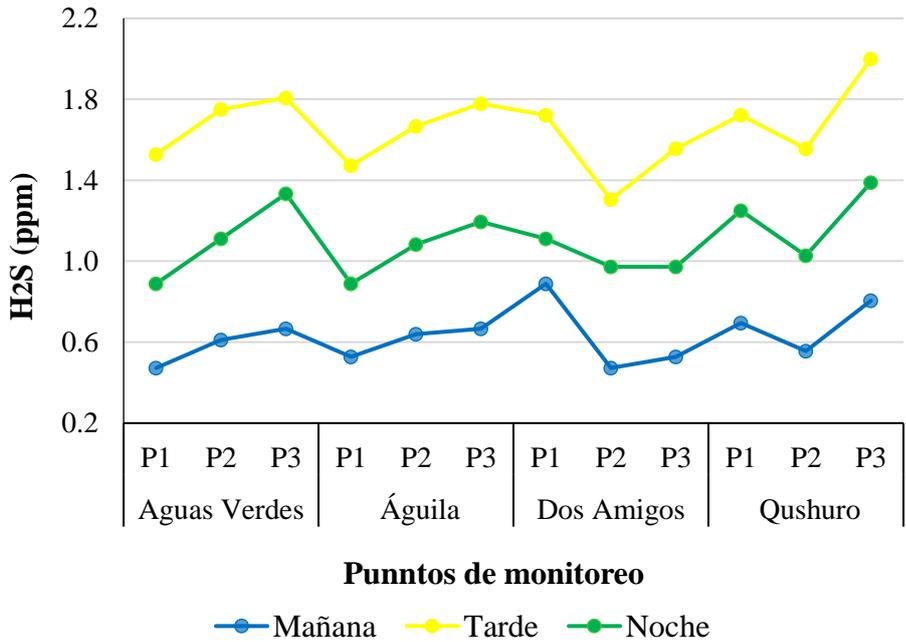


Figura 21. Concentración promedio de H₂S evaluado en el turno mañana, tarde y noche

D. Concentración promedio del monóxido de carbono (CO)

La Figura 22 ilustra los resultados del monitoreo de la concentración promedio de CO en el turno mañana, tarde y noche. Se observa que la concentración más alta se registra durante el turno tarde con 4.2 ppm, seguida del turno noche con 2.9 ppm, mientras que la concentración más baja se presenta en el turno mañana con 1,9 ppm.

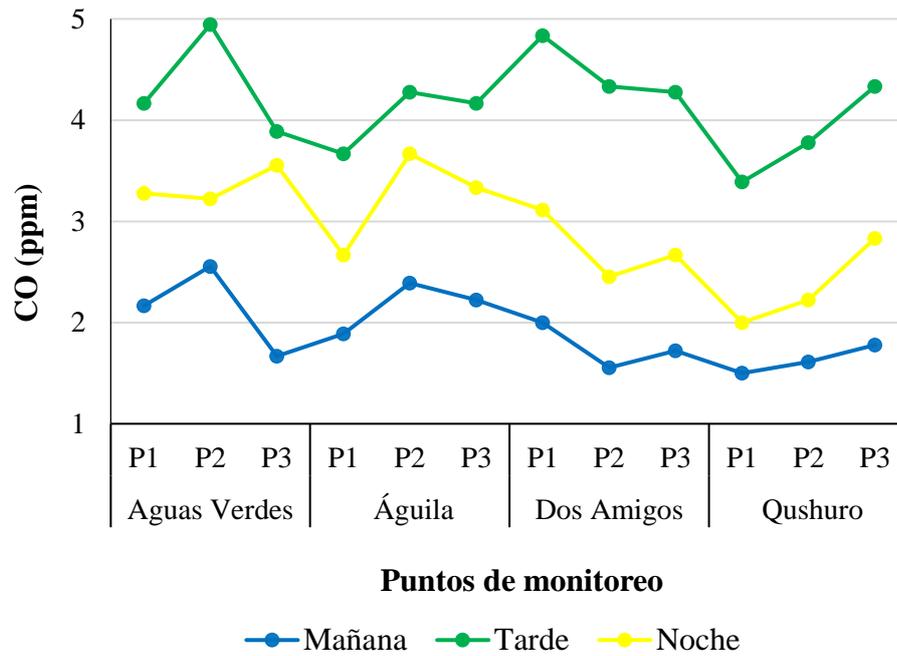


Figura 22. Concentración promedio de CO evaluado en el turno mañana, tarde y noche

Anexo C. Detalle del análisis microbiológico

Apéndice 1: Detalle de las UFC/m³ de bacterias y hongos

Tabla 26. Numeración de unidades formadores de colonias de aire (UFC/m³) de microorganismo aeróbicos viables (NMAV) y mohos y levaduras (NML) durante los tres muestreos

| Canal pluvial | Puntos | 1º muestreo | | 2º muestreo | | 3º muestreo | |
|------------------------|--------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | | NMAV | NML | NMAV | NML | NMAV | NML |
| Aguas Verdes | P1 | 1 920 | 560 | 880 | 640 | 2 560 | 480 |
| | P2 | 2 640 | 560 | 640 | 640 | 2 400 | 160 |
| | P3 | 2 960 | 240 | 1 920 | 480 | 2 960 | 80 |
| Quebrada del Águila | P1 | 1 360 | 400 | 1 200 | 640 | 2 160 | 160 |
| | P2 | 1 040 | 720 | 1 280 | 720 | 2 720 | 480 |
| | P3 | 960 | 240 | 880 | 400 | 2 800 | 160 |
| Dos Amigos | P1 | 3 120 | 720 | 2 400 | 800 | 3 040 | 640 |
| | P2 | 800 | 80 | 2 320 | 560 | 2160 | 160 |
| | P3 | 960 | 320 | 640 | 320 | 2 800 | 240 |
| Qushuro | P1 | 2 640 | 320 | 800 | 560 | 3 200 | 80 |
| | P2 | 1 920 | 480 | 2 080 | 560 | 2 400 | 160 |
| | P3 | 1 680 | 160 | 1 440 | 480 | 1 760 | 160 |
| Promedio | | 1 833,3 | 400 | 1 373,3 | 566,7 | 2 580,0 | 246,7 |

Apéndice 2: Detalle de géneros bacterianos identificados por DBQ y coloración GRAM

Tabla 27. Géneros de bacterias identificados mediante la prueba de diferenciación bioquímica

| Prueba bioquímica | | Géneros de bacteria | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| | | <i>Pantoea</i> | <i>Morganella</i> | <i>Hafnia</i> | <i>Klebsiella</i> | <i>Salmonela</i> | <i>Citrobacter</i> | <i>Serratia</i> | <i>Escherichia</i> |
| Indol | | - | - | - | - | - | - | - | + |
| SIM | Indol | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Motilidad | - | - | + | - | + | + | - | - |
| | H₂S | - | + | - | - | - | - | - | + |
| RM | | + | + | - | - | + | + | - | + |
| VP | | - | - | + | + | - | - | + | - |
| Citrato de Simmons | | - | - | - | + | - | + | + | - |
| TSI | | A/A | A/A+ Gas | A/A | K/A | A/A+ H ₂ S | A/A | A/A | A/A+ GAS |
| LIA | | A/A+ Gas | A/A+ Gas | A/A+ Gas | A/A+ Gas | K/A+ Gas | A/A+ Gas | A/A | A/A+ GAS |
| Malonato | | - | - | - | + | - | + | - | - |
| Urea | | - | + | - | + | - | - | - | - |

Tabla 28. Géneros identificados en los medios enriquecidos a través de la técnica coloración GRAM durante los tres muestreos

| Canal pluvial | Punto | Medios enriquecidos | | | |
|---------------------|-------|--|---------------------|---------------------------------|--|
| | | Cled | MacConkey | Manitol Salado | M77 |
| Aguas Verdes | P1 | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Enterobacter</i> | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Staphylococcus</i> |
| | P2 | <i>Bacillus, Lactobacillus</i> | | <i>Bacillus</i> | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> |
| | P3 | <i>Bacillus</i> | | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Bacillus, Lactobacillus, Staphylococcus</i> |
| Quebrada del Águila | P1 | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Enterobacter</i> | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Bacillus, Enterobacter</i> |
| | P2 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | Ausencia | | |
| | P3 | <i>Bacillus, Lactobacillus, Staphylococcus</i> | | <i>Bacillus</i> | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> |
| Dos Amigos | P1 | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Enterobacter</i> | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> |
| | P2 | | Ausencia | <i>Bacillus</i> | |
| | P3 | <i>Bacillus, Enterobacter, Lactobacillus</i> | <i>Enterobacter</i> | <i>Staphylococcus</i> | |
| Qushuro | P1 | <i>Bacillus, Enterobacter</i> | <i>Enterobacter</i> | <i>Bacillus</i> | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> |
| | P2 | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> | Ausencia | <i>Bacillus, Staphylococcus</i> | <i>Bacillus, Enterobacter, Staphylococcus</i> |
| | P3 | | | | |

Apéndice 3: Detalle de la identificación de géneros hongos

Tabla 29. Géneros hongos identificados durante los tres muestreos

| Canal pluvial | Puntos | Géneros hongos | | |
|------------------------|--------|--|---|---|
| | | 1° muestreo (febrero) | 2° muestreo (marzo) | 3° muestreo (mayo) |
| Aguas Verdes | P1 | <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> | <i>Aspergillus</i> | <i>Rhizopus</i> |
| | P2 | <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> | <i>Aspergillus</i> <i>Rhizopus</i> | <i>Microsporium</i> |
| | P3 | <i>Aspergillus</i> | <i>Aspergillus</i> <i>Microsporium</i> | <i>Rhizopus</i> |
| Quebrada del Águila | P1 | <i>Aspergillus</i> <i>Geotrichum</i> | <i>Fusarium</i> | <i>Rhizopus</i> |
| | P2 | <i>Aspergillus</i> <i>Mucor</i> | <i>Microsporium</i> <i>Mucor</i> | <i>Aspergillus</i> <i>Geotrichum</i> |
| | P3 | <i>Aspergillus</i> | <i>Rhizopus</i> | <i>Mucor</i> |
| Dos Amigos | P1 | <i>Aspergillus</i> <i>Geotrichum</i> | <i>Microsporium</i> | <i>Mucor</i> |
| | P2 | <i>Penicillium</i> | <i>Rhizopus</i> | <i>Rhizopus</i> |
| | P3 | <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> | <i>Fusarium</i> | <i>Rhizopus</i> |
| Qushuro | P1 | <i>Candida</i> | <i>Blastomyces</i> | <i>Microsporium</i> <i>Aspergillus</i> |
| | P2 | <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> | <i>Fusarium</i> | <i>Fusarium</i> |
| | P3 | <i>Microsporium</i> | <i>Rhizopus</i> | <i>Rhizopus</i> |

Anexo D. Detalle de los parámetros físicos registradas en los tres muestreos

Tabla 30. Temperatura (°C) y humedad relativa (%) registrados en los meses de muestreo

| Canal pluvial | Puntos | 1° muestreo | | 2° muestreo | | 3° muestreo | |
|------------------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | | T (°C) | Hr (%) | T (°C) | Hr (%) | T (°C) | Hr (%) |
| Aguas Verdes | P1 | 33,6 | 44 | 31,6 | 51 | 32,4 | 51 |
| | P2 | 31,9 | 39 | 30,8 | 54 | 34,1 | 41 |
| | P3 | 30,3 | 48 | 29,6 | 62 | 32,4 | 56 |
| Quebrada del Águila | P1 | 25,5 | 55 | 31,6 | 51 | 36,1 | 38 |
| | P2 | 29,9 | 51 | 29,6 | 62 | 39,9 | 33 |
| | P3 | 28,8 | 49,7 | 27,4 | 42,9 | 32,8 | 26 |
| Dos Amigos | P1 | 33,4 | 50 | 29,5 | 66 | 34,3 | 41 |
| | P2 | 31,6 | 54 | 28,1 | 60,1 | 36,6 | 36 |
| | P3 | 36,6 | 49 | 29 | 61 | 36,9 | 41 |
| Qushuro | P1 | 31,8 | 52 | 28,4 | 65 | 37,4 | 44 |
| | P2 | 29,9 | 54 | 27,5 | 56 | 35,4 | 41 |
| | P3 | 36,1 | 46 | 28,9 | 60 | 36,1 | 42 |
| Promedio | | 31,6 | 49,3 | 29,3 | 57,6 | 35,4 | 40,8 |

Anexo E. Panel Fotográfico



Figura 23. Georreferenciación en cada punto de los canales pluviales

Apéndice 1. Diagnóstico de los puntos de muestreo



Figura 24. Presencia de viviendas



Figura 25. Presencia de colegio



Figura 26. Presencia de puestos de comercios



Figura 27. Presencia de animales



Figura 28. Disposición de residuos sólidos



Figura 29. Vertimiento de desagüe

Apéndice 2. Monitoreo de gases



Figura 30. Equipo portátil multigas GX – 6 000



Figura 31. Monitoreo de gases en los canales pluviales en diferentes turnos

Apéndice 3. Muestreo en cada punto de los canales pluviales



Figura 32. Equipo y materiales implementados en el muestreo

Tabla 31. Muestreo en el P1, P2 y P3 de los canales pluviales

| Toma de muestra en los canales pluviales | |
|---|--|
| Aguas Verdes | Quebrada del Águila |
|  |  |
| P1 – Inicial | |
|  |  |
| P2 – Intermedio | |
|  |  |
| P3 - Final | |

Toma de muestra en los canales pluviales

Dos Amigos

Qushuro



P1 – Inicial



P2 – Intermedio



P3 - Final

Apéndice 4. Desarrollo de actividades en el laboratorio de Microbiológico General

A. Determinación de géneros bacterianos



Figura 33. Siembra en los medios Plate Count y Sabouraud para la enumeración de colonias



Figura 34. Siembra de inóculo (bacterias) en medios enriquecidos



Figura 35. Crecimiento en medios enriquecidos e identificación para la siembra por método DBQ y/o coloración GRAM



Figura 36. Siembra de inculo por el método coloración GRAM y



Figura 37. Siembra de inóculo por el método de DBQ

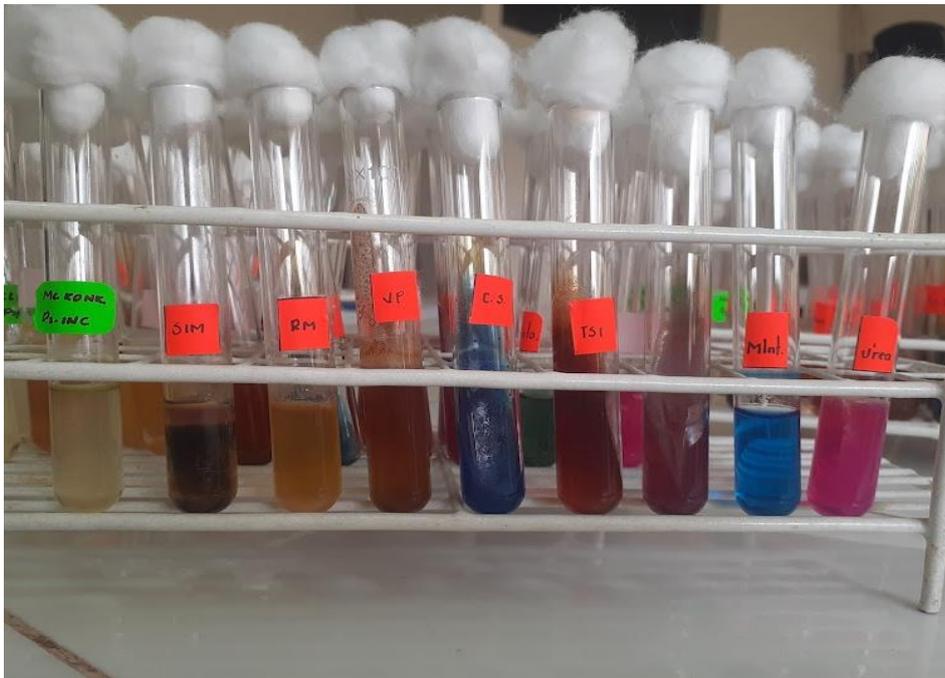


Figura 38. Lectura e interpretación de los géneros bacterias por el método de DBQ

DIFFERENTIATION OF ENTEROBACTERIACEAE BY BIOCHEMICAL TESTS

| GENUS | ESCHERICHIA | | EDWARDSIELLELLA | | SALMONELLA | | | | KLEBSIELLA | | | | | | | | PROTEUS | | | | | |
|-------------|-------------|---|-----------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|---|---|
| | Fischeri | | Shigella | | Typhimurium | | | |
| | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | | |
| ESCHERICHIA | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |
| SHIGELLA | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| SALMONELLA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KLEBSIELLA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PROTEUS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Figura 39. Tabla de diferenciación de enterobacterias mediante pruebas bioquímicas



Figura 40. Coloración GRAM

A. Determinación de géneros fúngicos



Figura 41. Crecimiento y microcultivo en agar Sabouraud glucosado



Figura 42. Montaje para hongos



Figura 43. Visualización en el microscopio de los géneros hongos

Apéndice 5. Géneros microbiológicos identificados

Tabla 32. Identificación de los géneros bacterianos en el microscopio

| Imagen | Género identificado |
|--------|---------------------|
| | <i>Bacillus</i> |

Imagen**Género identificado**

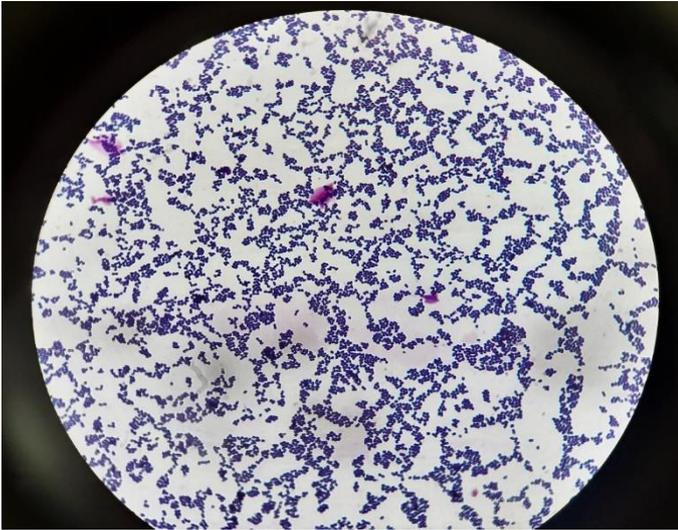
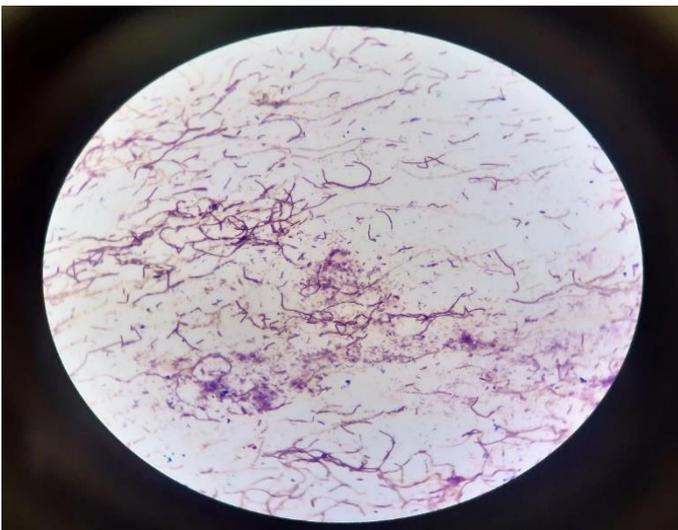
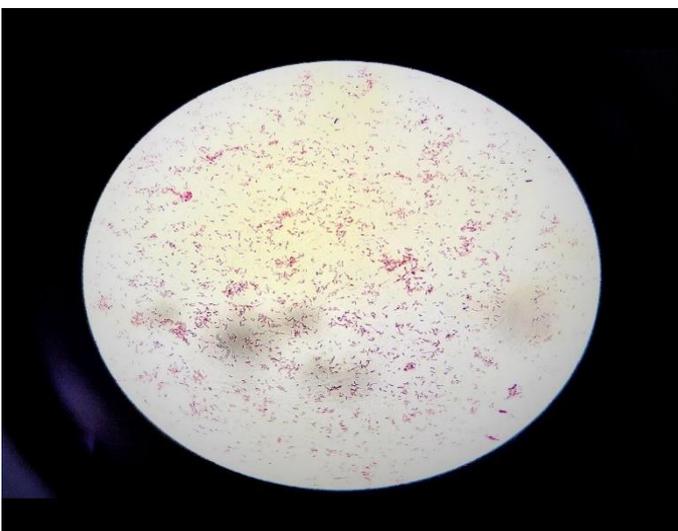
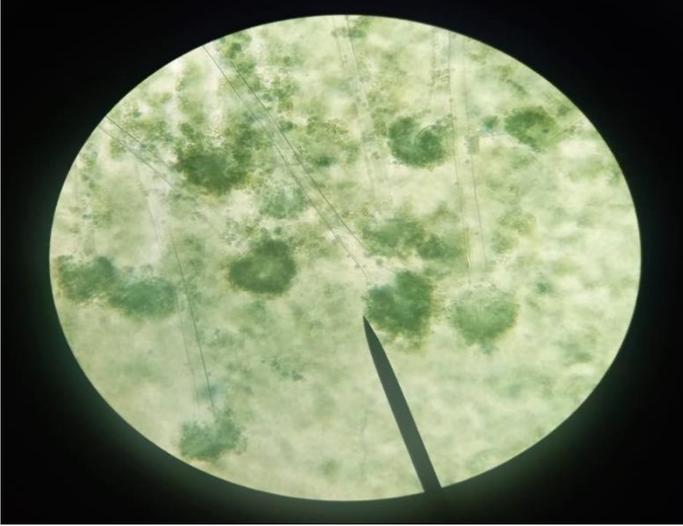
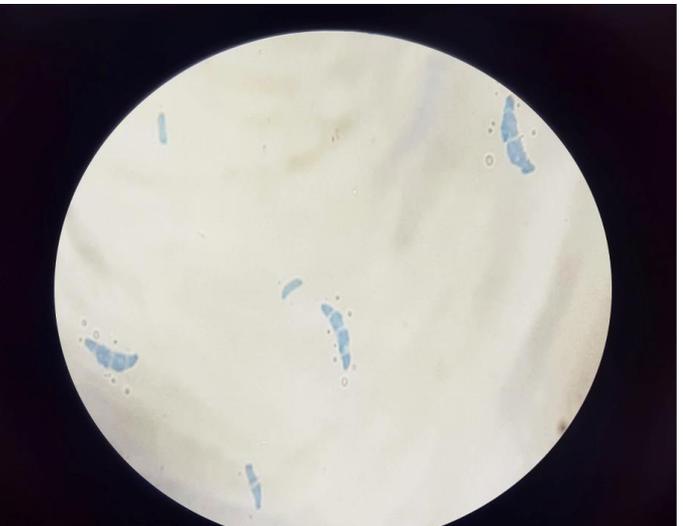
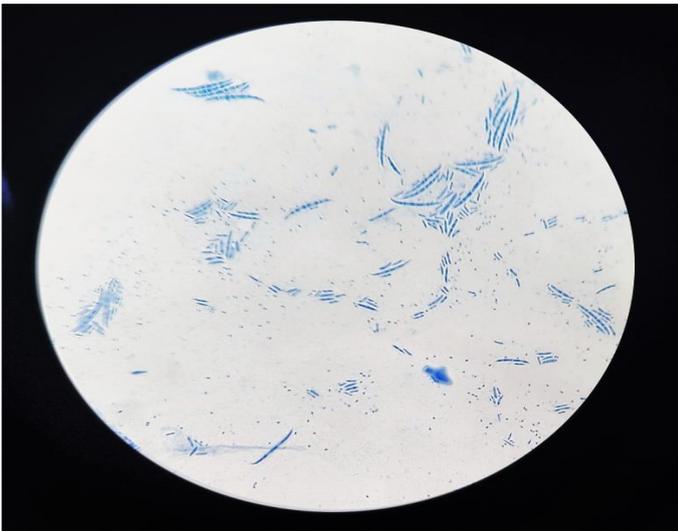
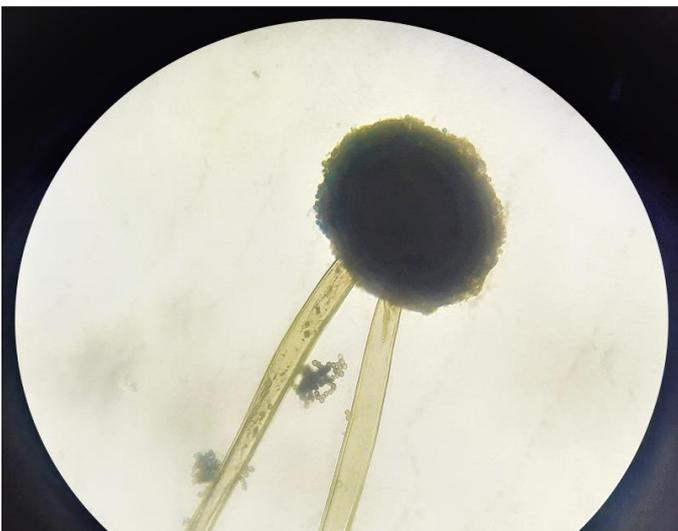
*Staphylococcus**Lactobacillus**Enterobacter*
(Bacilos Gram -)

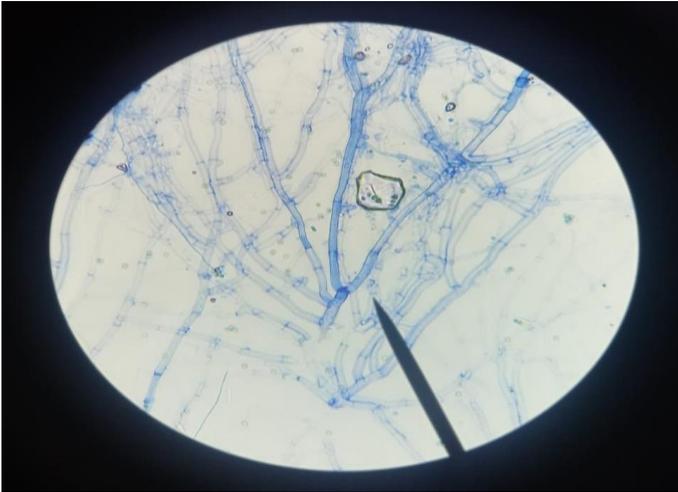
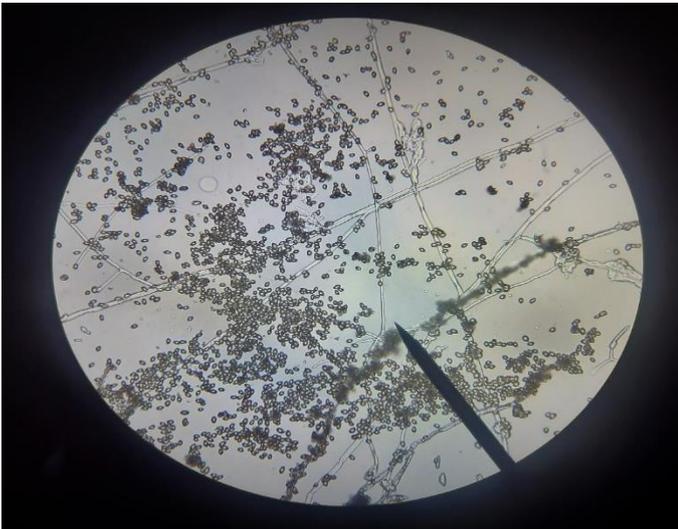
Tabla 33. Identificación de los géneros fúngicos en el microscopio

| Imagen | Género identificado |
|---|---------------------|
|  | <i>Rhizopus</i> |
|  | <i>Aspergillus</i> |
|  | <i>Microsporium</i> |

Imagen**Género identificado**

*Penicillium**Fusarium**Mucor*

Imagen**Género identificado**

*Geotrichum**Candida**Blastomyces*

Apéndice 6. Aplicación de encuestas a los pobladores y comerciantes aledaños a los canales pluviales



Figura 44. Encuesta a los pobladores aledaños a los canales pluviales



Figura 45. Encuesta a los comerciantes aledaños a los canales pluviales

Anexo F. Detalle del instrumento de investigación

Apéndice 1. Modelo de instrumento de investigación (encuesta)

| | | | | | |
|---|--|--|----------------------|----------|--------------|
|  | <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> |  | | | |
| ENCUESTA | | | | | |
| <p>Esta encuesta está dirigida a los pobladores que viven cerca a la quebrada (canal pluvial), el cual tiene como objetivo: Conocer la percepción sobre el efecto de las quebradas en la calidad de aire. Por lo que solicitamos su valiosa colaboración para el desarrollo de esta encuesta. Le pedimos que lea cuidadosamente cada pregunta y marque con una "X" la respuesta que cree conveniente. Su repuesta será tratada en forma confidencial y no será utilizada para ningún otro propósito distinto a la investigación.</p> | | | | | |
| Datos generales: | | | | | |
| Edad: _____ Sexo: _____ Lugar: _____ | | | | | |
| 1. ¿Qué entiende usted por calidad del aire? | | | | | |
| Aire sin contaminación | Aire apto para respirar | Aire puro | Todas las anteriores | | |
| 2. ¿Cómo califica usted la calidad del aire donde vive y/o trabaja? | | | | | |
| Muy bueno | Bueno | Regular | Malo | | |
| 3. ¿Considera usted que la calidad de aire podría afectar a su salud y al ambiente? | | | | | |
| Si | No | | | | |
| Si su respuesta es Sí, responda la siguiente pregunta: | | | | | |
| 4. ¿Cuánto cree usted que la calidad del aire afecte a su salud y al ambiente? | | | | | |
| Nada | Poco | Regular | Mucho | | |
| 5. ¿Usted percibe olores desagradables cerca de su vivienda? | | | | | |
| Si | No | | | | |
| Si su respuesta es Sí, responda las siguientes preguntas: | | | | | |
| 6. ¿En qué horario del día siente usted con mayor intensidad los olores? | | | | | |
| Mañana | Tarde | Noche | Todas las anteriores | | |
| 7. ¿Qué tan fuerte percibe los olores cerca de su vivienda?, siendo la escala numérica la siguiente: - 0 = imperceptible - 1 = débil - 2 = fuerte - 3 = muy fuerte | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| 8. ¿Cuál considera usted que es la posible causa de los olores desagradables? | | | | | |
| Desagüe | Basura | Falta de limpieza y/o mantenimiento | Otro | | |
| 9. ¿Cómo reacciona usted ante los olores desagradables? | | | | | |
| Efecto | Nunca | Rara vez | Algunas veces | A menudo | Casi Siempre |
| Le perturba en una conversación | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Le produce cambio de estado de ánimo | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Le causa pérdida de apetito | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Le impide conciliar sueño | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10. ¿Qué acciones realizan la municipalidad y/o pobladores frente a dicha problemática? | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| 11. Según su opinión ¿Qué posibles soluciones considera que debe implementarse para la disminución de los olores desagradables? | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| Muchas gracias... | | | | | |

Figura 46. Modelo de instrumento de investigación (encuesta)

Apéndice 2. Evaluación del instrumento de investigación a través de la opinión de expertos para su aplicación

Tabla 34. Validación del instrumento de investigación por juicio de experto

Evaluación del instrumento de investigación

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | | X |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | X | |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | X | |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | X |

Opinión global:

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|-----------------------------|------------|----------|
| Apellidos y nombres | Romero Ostrucichua Patricia | DNI | 74276864 |
| Especialidad | Ing. Ambiental | Puntuación | 20 |
| Firma | | | |

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | X | |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | X | |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | X | | |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | X |

Opinión global:

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|
| Apellidos y nombres | Selval Ramírez Cortez | DNI | 70494602 |
| Especialidad | Ing. Ambiental | Puntuación | 19 |
| Firma | | | |

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | | X |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | X | |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | X | |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | X |

Opinión global:

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|-----------------|------------|----------|
| Apellidos y nombres | Sra Bayri Julia | DNI | 46989870 |
| Especialidad | Ing. Ambiental | Puntuación | 18 |
| Firma | | | |

Experto 1

Experto 2

Experto 3

Evaluación del instrumento de investigación

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | X | |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | X | |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | | X |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | X |

Opinión global:

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|--|------------|----------|
| Apellidos y nombres | Yari Pardo Hosterio | DNI | 46866928 |
| Especialidad | RNE- CSA | Puntuación | 18 |
| Firma |  <small>Municipalidad Provincial de Ica Proceso Administrativo de Evaluación de la Calidad de la Atención al Ciudadano</small> Ing. MOLISE B. PARDOS PARDO SUPERVISOR CIP: 11941 | | |

Experto 4

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | | X |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | X | |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | X | |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | X |

Opinión global:

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|--|------------|----------|
| Apellidos y nombres | Vallejos Huamán José G. | DNI | 40977637 |
| Especialidad | ESPECIALISTA EN CAPACITACIÓN - RNE - TUN | Puntuación | 20 |
| Firma |  <small>MINISTERIO DE PROMOCIÓN HUMANA Y DESARROLLO SOCIAL</small> ING. JOSÉ CESAR VALLEJOS HUAMÁN ESPECIALISTA EN CAPACITACIÓN | | |

Experto 5

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | | X |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | X | |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | | X |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | X |

Opinión global:

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|--|------------|----------|
| Apellidos y nombres | CRUZADOS DE ORO JULIO | DNI | 41533720 |
| Especialidad | COORDINADOR OPERACIONAL | Puntuación | 19 |
| Firma |  <small>MINISTERIO DE PROMOCIÓN HUMANA Y DESARROLLO SOCIAL</small> ING. CRUZADOS DE ORO JULIO COORDINADOR OPERACIONAL | | |

Experto 6

Evaluación del instrumento de investigación

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO**

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | | X |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | | X |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | | X |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | X |

Opinión global:

— INSTRUMENTO DE INVESTIGACION VALIDO PARA SER APLICADO.

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|--|------------|----------|
| Apellidos y nombres | GERONIMO CARRION ALEX | DNI | 70189084 |
| Especialidad | ING. CIVIL | Puntuación | 20 |
| Firma |  ALEXABE GERONIMO CARRION INGENIERO CIVIL REG. COP N° 107765 | | |

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO**

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3= en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | | x |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | | x |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | x | |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | x | | |

Opinión global:

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|---|------------|----------|
| Apellidos y nombres | Vilca Masquera Ehytel | DNI | 10123184 |
| Especialidad | Especialista en sistema de estaciones | Puntuación | 18 |
| Firma |  | | |

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTO**

PERCEPCIÓN SOBRE EL EFECTO DE LAS QUEBRADAS EN LA CALIDAD DE AIRE

Responsable: Espinoza Gaspar, Rosa María

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "Encuesta", se solicita que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

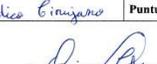
| Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1= muy en desacuerdo; 2= en desacuerdo; 3=en desacuerdo; 4 = de acuerdo; 5 = muy de acuerdo) | Grado de acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua) y están redactadas en lenguaje del encuestado | | | | | ✓ |
| La organización de las preguntas y respuestas tiene una secuencia lógica, asimismo, son adecuadas | | | | | ✓ |
| La cantidad de preguntas son suficientes para la investigación | | | | | ✓ |
| La encuesta contribuye a recoger información relevante para el estudio propuesto | | | | | ✓ |

Opinión global:

El Instrumento de Investigación ha demostrado ser Confiable y Valido.

Puntuación:

- De 4 a 11: no válida, reformular
- De 12 a 14: no válida, modificar
- De 15 a 17: válido, mejorar
- De 18 a 20: válido, aplicar

| | | | |
|---------------------|--|------------|----------|
| Apellidos y nombres | Quirós Cabrera Rosalva Serrano | DNI | 46867492 |
| Especialidad | Médico Cirujano | Puntuación | 20 |
| Firma |  Dr. Rosalva Quirós Cabrera MEDICO CIRUJANO CNMP 67751 | | |

Experto 7

Experto 8

Experto 9

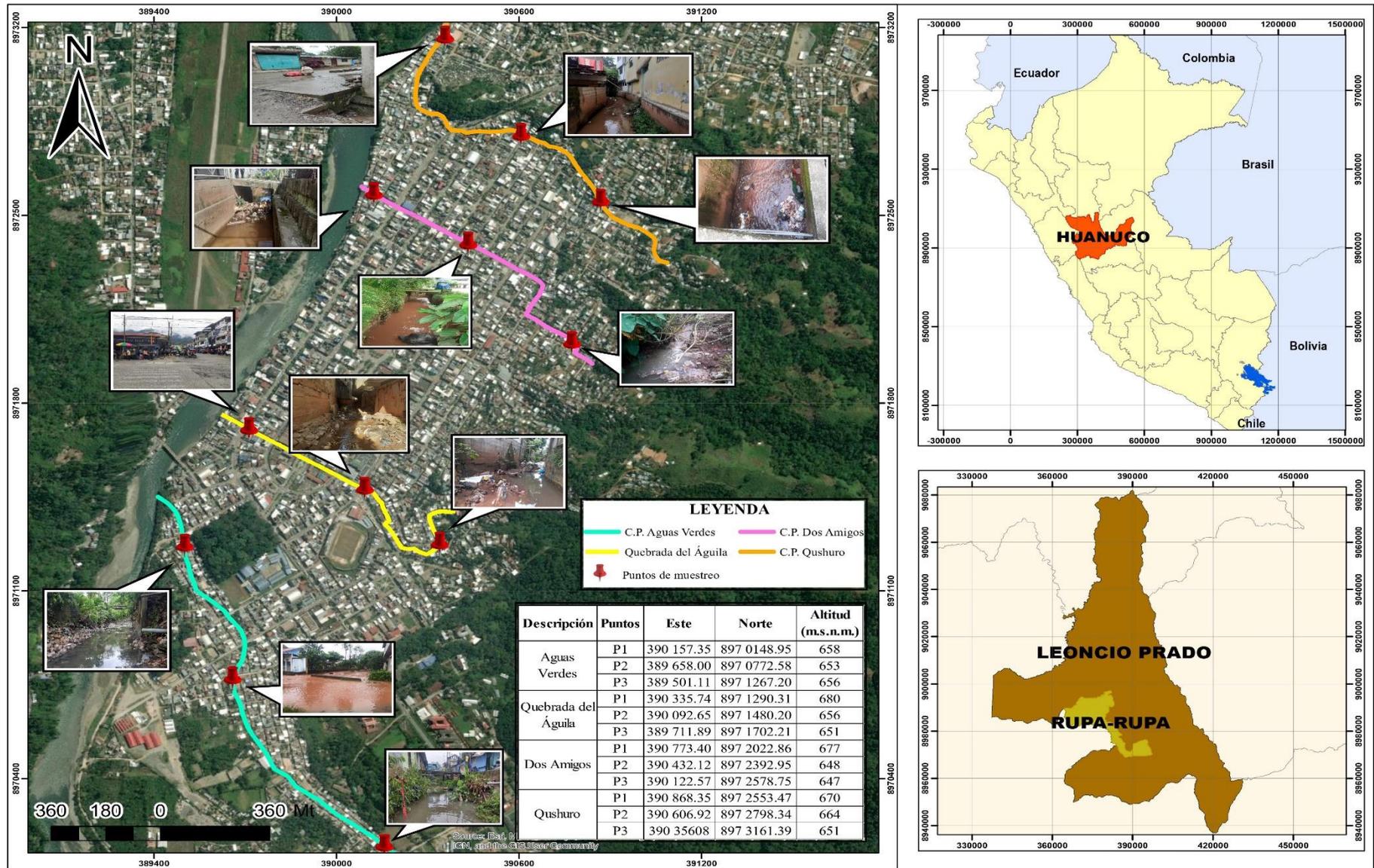


Figura 47. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

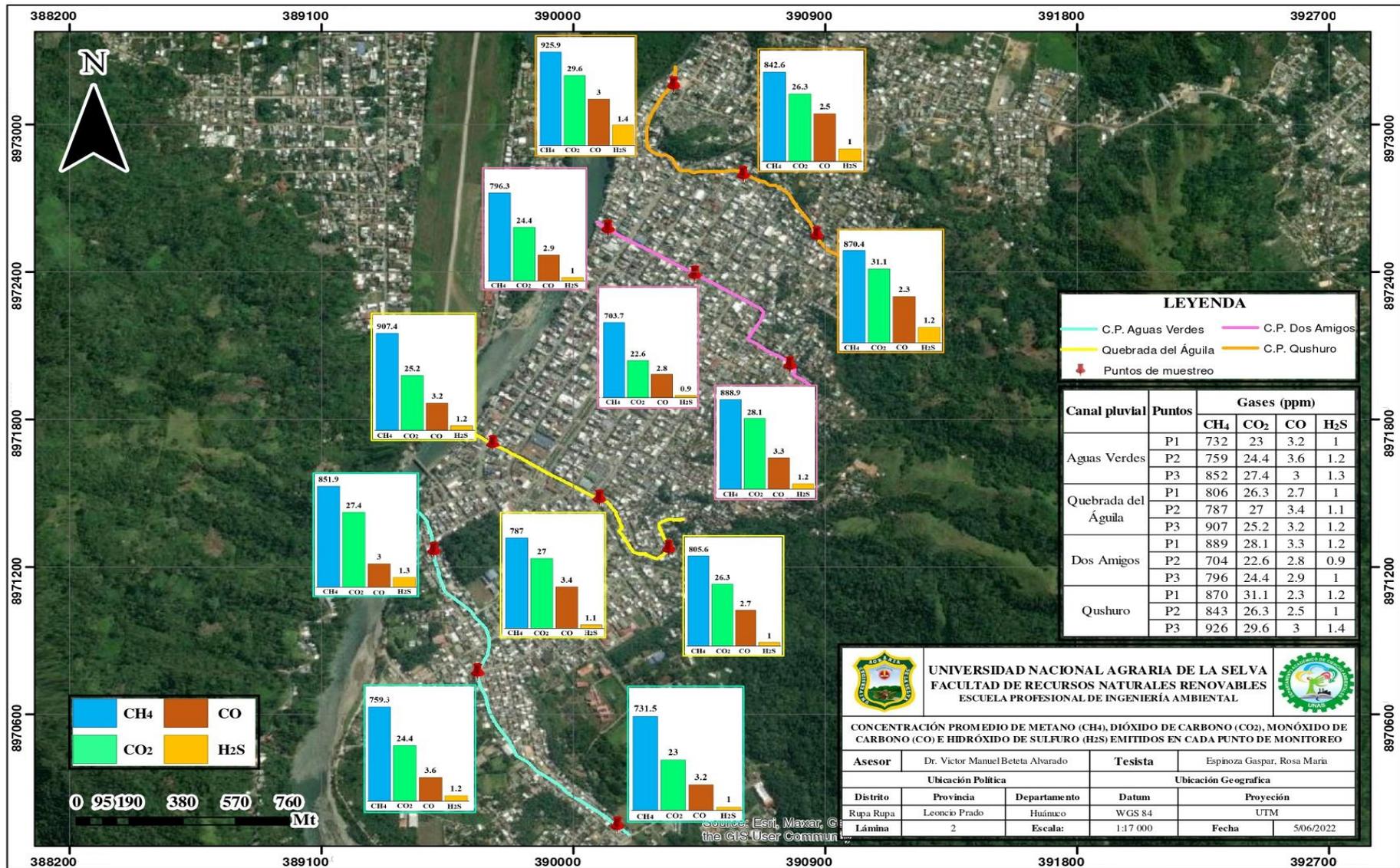


Figura 48. Mapa de concentración promedio de CH₄, CO₂, CO y H₂S emitidos en cada punto de monitoreo

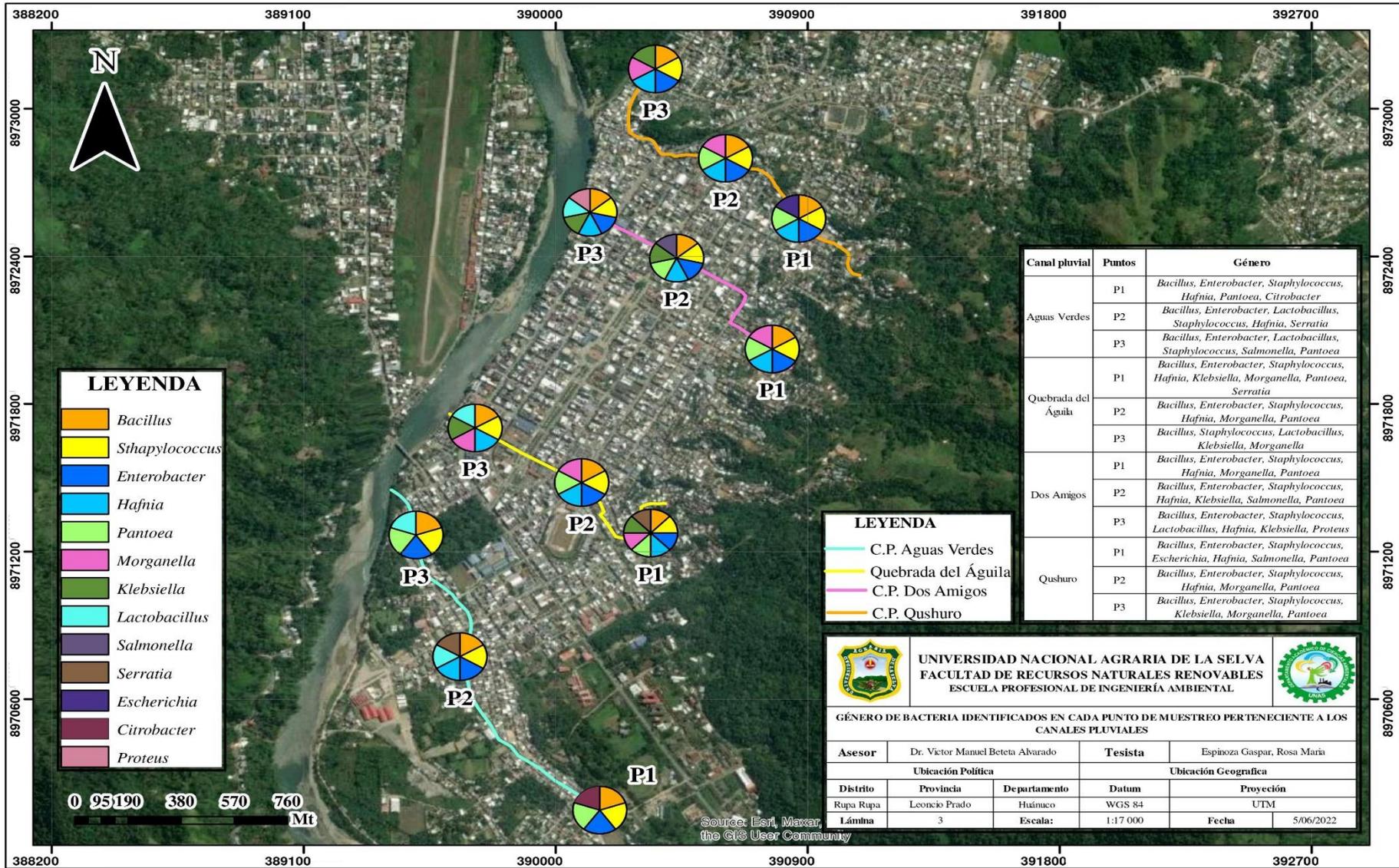


Figura 49. Mapa de distribución de género bacteriano en cada punto de muestreo

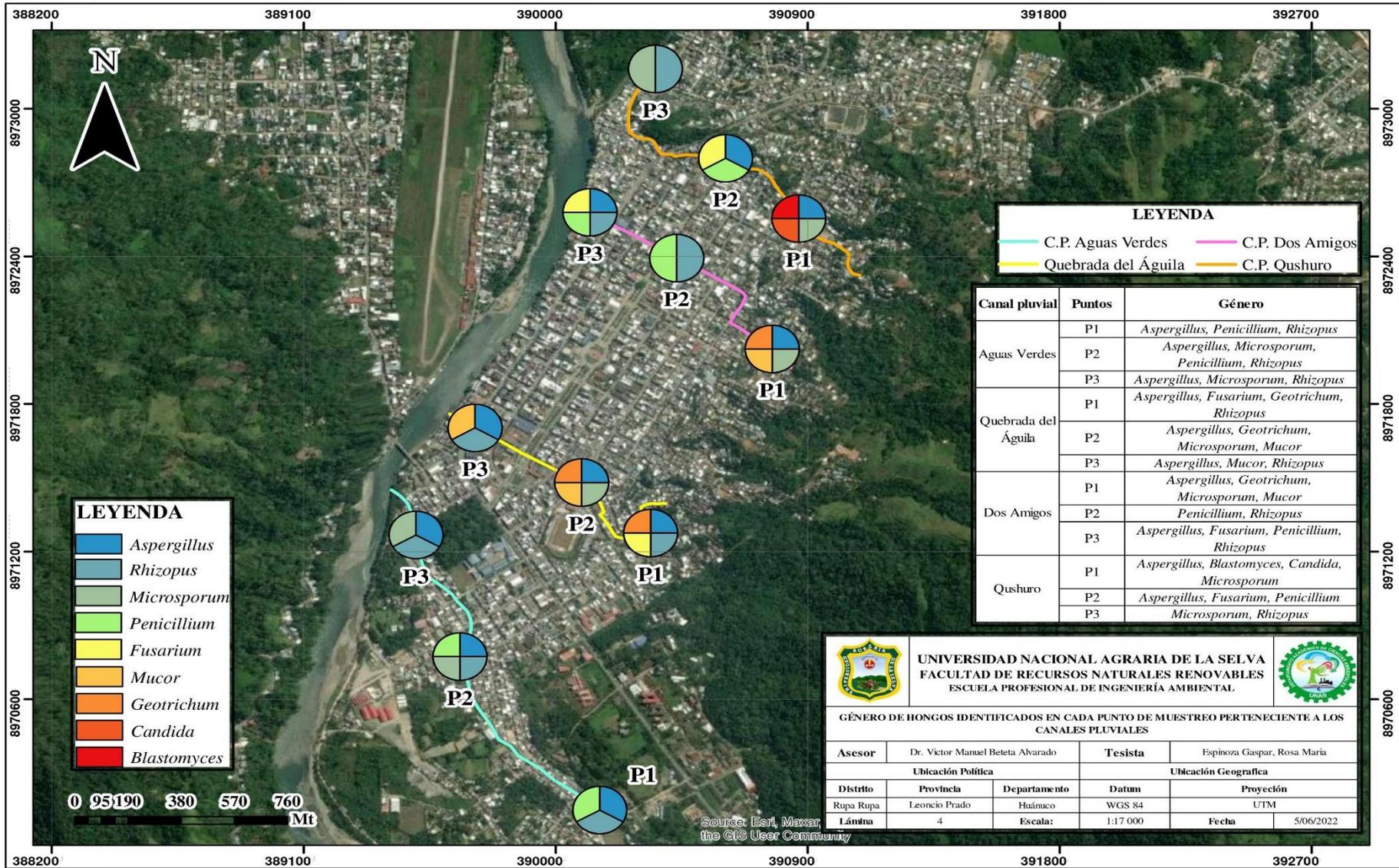


Figura 50. Mapa de distribución de género fúngico en cada punto de muestro