



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**Biopelículas en el sistema de distribución de agua potable y su influencia en la
calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario
de la ciudad de Moyobamba – 2017**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Dayce Katty Gonzáles Bardález

ASESOR:

Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Código: 6055617

**Moyobamba – Perú
2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Biopelículas en el sistema de distribución de agua potable y su influencia en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba – 2017

AUTOR:

Bach. Dayce Katty Gonzáles Bardález

Sustentado y aprobado el 04 de enero del 2019, por los siguientes jurados

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Presidente

Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Secretario

Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación
Miembro

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Dayce Katty Gonzáles Bardález, egresada de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificada con DNI N° 47441857, con la tesis titulada: Biopelículas en el sistema de distribución de agua potable y su influencia en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba– 2017.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 04 de enero del 2019.



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kueh', is written above a horizontal line.

Dayce Katty Gonzáles Bardález
DNI N° 47441857

Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <i>Gonzales Bardales Dayce Katty</i>	
Código de alumno : <i>105245</i>	Teléfono:
Correo electrónico : <i>dayce-katty@hotmail.com</i>	DNI: <i>47441857</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <i>Ecología</i>
Escuela Profesional de: <i>Ingeniería Sanitaria</i>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: <i>Biopelículas en el sistema de distribución de agua potable y su influencia en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba - 2017</i>
Año de publicación: <i>2019</i>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

15 / 02 / 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme salud para lograr mis objetivos.

A mi familia, pilares fundamentales en mi vida, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien con principios y valores éticos.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme guiado y dado la fortaleza necesaria a lo largo de mi carrera profesional

A mi familia y a mi novio, pero en especial a mi madre por el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación.

A mi alma mater, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, y docentes, por brindar una buena enseñanza académica, impartiendo sus conocimientos y valores forjándonos como buenos profesionales,

A mi asesor de tesis Blgo. M.Sc Luis Eduardo Rodríguez Pérez, por su tiempo, conocimientos y recomendaciones a lo largo de la elaboración de esta tesis.

A todas aquellas personas, que de alguna forma me apoyaron desinteresadamente durante el desarrollo y culminación de esta tesis.

Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Índice de tablas	x
Resumen	xi
Abstract	xii
Introducción	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.1.1. Internacional.....	4
1.1.2. Nacional	6
1.2. Marco legal.....	8
1.3. Bases teóricas	10
1.3.1. Biopelícula	10
1.3.2. Calidad del agua.....	17
1.3.3. Riesgo Sanitario	23
1.3.4. Definición de términos básicos	25
CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1. Materiales	28
2.2. Métodos	29
2.2.1. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	33
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1. Resultados.....	34
3.1.1. Determinación de los riesgos sanitarios por consumo de agua potable al que están expuestos la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.	34

3.1.2. Caracterización de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	38
3.1.3. Presencia de biopelículas en el sistema de distribución de agua potable del barrio de calvario de la ciudad de Moyobamba.....	47
3.2. Discusión de resultados.	51
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	59
Anexo A: Cuestionario de encuesta.....	59
Anexo 1A: Resultados de encuesta	61
Anexo B: Informe de opinión respecto a instrumento de investigación.....	64
Anexo 1B: Primer informe de opinión respecto a instrumento de investigación.....	64
Anexo 2B: Segundo informe de opinión respecto a instrumento de investigación.....	65
Anexo C: Formatos físicos de los resultados del laboratorio del laboratorio referencial regional de salud pública de San Martín.	67
Anexo 1C: Resultado de laboratorio – Grifo domiciliario M1	67
Anexo 2C: Resultado de laboratorio – Grifo domiciliario M2	68
Anexo 3C: Resultado de laboratorio – Red pública/Caja medidor M1	69
Anexo 4C: Resultado de laboratorio – Red pública/Caja medidor M2.....	70
Anexo D: Panel fotográfico.....	71
Anexo E: Plano de ubicación del área de estudio.....	75

Índice de tablas

Tabla 1. Enfermedades infecciosas, estomacales o diarreicas.....	34
Tabla 2. Personas propensas a contraer infecciones estomacales o diarreas	35
Tabla 3. Causa de enfermedades gastrointestinales.....	35
Tabla 4. Enfermedades transmitidas por consumo de agua cruda.....	36
Tabla 5. Agua potable apta para consumo humano.....	37
Tabla 6. Cloro Residual - PTAP.....	38
Tabla 7. Cloro Residual – Sistema de distribución.....	38
Tabla 8. pH - PTAP.....	39
Tabla 9. pH – Sistema de distribución.....	39
Tabla 10. Turbiedad - PTAP.....	40
Tabla 11. Turbiedad - Sistema de distribución.....	40
Tabla 12. Bacterias heterotróficas - PTAP.....	41
Tabla 13. Bacterias heterotróficas - Sistema de distribución	41
Tabla 14. Coliformes totales - PTAP.....	42
Tabla 15. Coliformes totales - Sistema de distribución.....	42
Tabla 16. Coliformes Termotolerantes - PTAP.....	43
Tabla 17. Coliformes Termotolerantes - Sistema de distribución	43
Tabla 18. E. Coli 44.5°- PTAP.....	44
Tabla 19. E. Coli 44.5°- Sistema de distribución	44
Tabla 20. Ensayo parasitológico - Sistema de distribución.....	45
Tabla 21. Organismos de vida libre – Sistema de Distribución	46
Tabla 22. Presencia de flemas o gomas en caños y tuberías	47
Tabla 23. Composición de las flemas o gomas.....	47
Tabla 24. Frecuencia con la que el agua del caño llega con partículas o turbia.....	48
Tabla 25. Instalación de conexiones domiciliarias en las viviendas	49
Tabla 26. Causa de la contaminación de las tuberías de agua potable	50

Resumen

La investigación realizada, tiene como objetivos evaluar como las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable influyen en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba, determinar la presencia de biopelículas en el sistema de distribución de agua potable, caracterizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen y determinar a que riesgos sanitarios por consumo de agua potable está expuesta la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.

Se analizaron 4 muestras de agua, 2 en redes de distribución y 2 en conexiones domiciliarias teniendo en cuenta que la formación de biopelículas en las tuberías de agua post tratamiento de potabilización, es debido al tiempo de antigüedad y al tipo de material que es utilizado, como el PVC, presión de llegada del agua e infiltraciones.

Los procesos de potabilización de agua logran eliminar gran parte de bacterias presentes, sin embargo, no consiguen eliminarlas en su totalidad; los resultados obtenidos en el laboratorio nos indican que las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable influyen en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.

Los riesgos sanitarios a los que están expuestos la población del Barrio de Calvario son las enfermedades infecciosas, parasitarias y gastrointestinales ya que el agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos.

Palabras Clave: Sistema de distribución, proliferación bacteriana, nutrientes, colonias.

Abstract

The objective of the following research is to evaluate how biofilms in the drinking water distribution system influence the water quality consumed by the population of the Calvario neighborhood of the city of Moyobamba, determine the presence of biofilms in the distribution system of Drinking water, characterize the physical, chemical and microbiological parameters of the water consumed and determine what health risks for drinking water consumption is exposed the population of the Calvario neighborhood of the city of Moyobamba.

Four water samples were analyzed, two in distribution networks and two in household connections, taking into account that the formation of biofilms in water pipes after purification treatment is due to the time of aging and the type of material that is used, such as PVC, water arrival pressure and infiltrations.

The water purification processes manage to eliminate a large part of the bacteria present, however, they do not manage to eliminate them in their entirety; the results obtained in the laboratory indicate that biofilms in the drinking water distribution system influence the quality of water consumed by the population of the Calvario neighborhood of the city of Moyobamba.

The health risks to which the population of the Barrio de Calvario are exposed are infectious, parasitic and gastrointestinal diseases since contaminated water and food are considered as the main vehicles involved in the transmission of bacteria, viruses or parasites.

Keywords: Distribution system, bacterial proliferation, nutrients, colonies.



Introducción

La calidad de vida y salud de una población depende, en gran medida, de la calidad de agua que consumen sus habitantes. por esta razón, es de vital importancia garantizar que la calidad del agua sea óptima en todos los puntos de la red de distribución, sin importar la distancia de las cometidas a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), el material de las tuberías de la red, o la edad de las mismas (Momba & Makala, 2004).

Teniendo en cuenta que el proceso de desinfección realizado en las PTAP no remueve la totalidad de microorganismos presentes en el agua, es posible que exista la formación de comunidades bacterianas sobre las superficies de las tuberías, dada por diferentes procesos de intercambio de electrones, promoviendo adhesión e incrustamiento de diversos microorganismos en estas (Geldreich, 1990).

En este sentido, comunidades microbianas a través de ciertas estructuras que poseen, forman las denominadas biopelículas, cuya formación es potenciada por procesos de operación en la red, como la pérdida de presión, infiltraciones y cambios en la calidad de la fuente por condiciones meteorológicas, los cuales generan ambientes óptimos para el crecimiento de los microorganismos.

La formación de biopelículas está dada por el ingreso de microorganismos a la red, los cuales se adhieren a las tuberías formando una matriz microbiana que se alimenta de nutrientes del agua y de la tubería, que a su vez absorbe compuestos inorgánicos. Dentro de esta matriz se dan procesos de reproducción y desprendimiento que conllevan a la formación de nuevas comunidades en otros puntos de la red.

El desprendimiento de las biopelículas produce cambios en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, que pueden afectar la salud de la población (Batte et al., 2003)

¿Cómo las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable influyen en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba?

Se realizaron 80 encuestas en todo el barrio de calvario para determinar junto a los datos recolectados las zonas más vulnerables a la presencia de biopelículas en su sistema de distribución de agua potable. La técnica utilizada para realizar el muestreo es el No Probabilístico.

Realizada la encuesta y habiendo analizado los datos obtenidos y recopilados se determinó el área donde se realizó el muestreo, teniendo en cuenta cuales son los sectores más vulnerables a presentar biopelículas en el sistema de distribución. Se sacaron 04 muestras de 250 ml de agua en frascos de vidrio estériles en diferentes puntos del barrio de calvario, 02 muestras de agua en conexiones domiciliarias y 02 muestras de agua en la red de distribución. Las muestras de agua fueron enviadas al laboratorio de referencia regional de salud pública de San Martín, cumpliendo con las normativas de transporte de muestras.

En tal sentido, la hipótesis de investigación propuesta es que las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable influyen en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.

Los objetivos planteados fueron: Evaluar como las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable influyen en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba, Determinar la presencia de biopelículas en el sistema de distribución de agua potable del barrio de calvario de la ciudad de Moyobamba, Caracterizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba y Determinar a qué riesgos sanitarios por consumo de agua potable están expuestos la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.

En tal sentido la hipótesis es que las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable influyen en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba. La variable independiente es biopelículas y la variable dependiente es la calidad del agua; Se utilizó el diseño de investigación transversal correlacional $X_1 \leftrightarrow X_2$, donde X_1 es biopelículas X_2 es Calidad del agua y \leftrightarrow es un conector que significa correlación entre dos variables.

La presente investigación consta de tres capítulos: Capítulo I: Revisión bibliográfica, Capítulo II: Material y métodos, capítulo III: Resultados y discusión.

En el primer capítulo se señalan los antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, Marco Legal, bases teóricas y definición de términos básicos.

En el segundo capítulo se menciona los materiales utilizados en este proyecto, los métodos aplicados y las técnicas de procesamiento de datos para obtener los resultados.

En el tercer capítulo se detalla los resultados y discusiones de la investigación.

Finalmente se detalla las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

Posteriormente con los resultados obtenidos en la investigación se pretende que tanto la EPS – Moyobamba como también empresas encargadas de estudios de impacto ambiental u otros investigadores tomen conciencia del daño que estos puedan causar y propongan un método para disminuir la presencia de las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Internacional

Ramos (2012), en su tesis “Evaluación del Desarrollo de Biofilms en los Sistemas de Distribución de Agua Potable Mediante la Extracción de Conocimiento a través de los datos (Knowledge Discovery in Databases - KDD)”:

Este trabajo logra una mayor comprensión de las consecuencias reales que las interacciones de las diferentes características físicas e hidráulicas de los DWDSs (Sistema de Distribución de Agua Potable) tienen en el desarrollo de biofilms en estos sistemas. Esta propuesta, pretende sentar las bases para el desarrollo de una herramienta capaz de identificar y predecir las condiciones que favorecen un alto desarrollo de biofilms en los DWDSs y, por lo tanto, las áreas de los DWDSs que son propensas a albergar este elevado desarrollo. Esta herramienta puede ser muy útil en las tareas de prevención y mantenimiento de la red de abastecimiento. Por una parte, conociendo las áreas propensas a un alto desarrollo de biofilm pueden llevarse a cabo lavados hidráulicos dirigidos y, de esta manera, conseguir un ahorro en el tiempo y en el dinero invertidos, logrando aumentar la eficiencia del proceso. Por otra parte, localizar qué tuberías tienden a desarrollar más biofilm puede ayudar a mejorar los métodos de prevención de averías y fugas en la red. De la misma manera, su uso puede ser higiénicamente relevante ya que los biofilms están involucrados en el consumo de desinfectante residual de los DWDSs y conocer qué tuberías tienden a tener un mayor desarrollo de biofilm puede ser útil para optimizar la modelación del consumo de desinfectante en pared y lograr una mayor precisión en la localización de los puntos de cloración. Finalmente, cabe destacar, la utilidad de dicha herramienta en el diseño de redes de abastecimiento de agua potable que, se ayudará a la mejora en la gestión de dichos servicios de agua y se logrará aumentar la calidad del agua suministrada.

Según los resultados obtenidos en este estudio destacan las siguientes recomendaciones a tener en cuenta por los gestores de los servicios de agua. Principalmente, se debería evitar, que en las tuberías con edades medias (entre 11 y 30 años) se diesen velocidades

del flujo de agua lentas (entre 0 y 0.7 m/s). Como regla general, se recomienda que se centren los esfuerzos de monitoreo y control en aquellas tuberías con edades medias o elevadas (superiores a 10 años) y poner especial atención en los casos donde el flujo de agua sea lento.

Faleiro (2010), en su tesis “Formación de biopelículas por *Escherichia coli* y su correlación con factores de virulencia: prevención y actividad de antimicrobianos frente a organismos planctónicos y asociados a biopelículas”:

La producción de biopelículas por *E. coli* sobre placas de poliestireno es un proceso método-dependiente. De las 15 cepas de *E. coli* estudiadas, siete (46,7%) fueron fuertemente productoras de biopelícula mientras que las restantes (53,3%) fueron clasificadas como formadoras débiles. Por microscopía confocal se comprobó el mayor grosor y complejidad de las biopelículas formadas por las primeras respecto a las segundas existiendo una excelente correlación entre grosor e índice formación específica de biopelícula.

De Victorica (2005), en su informe de investigación: “Formación de biopelículas y su impacto en los sistemas de conducción de agua”:

El problema de la formación de los depósitos de material en el interior de los acueductos, tiene su origen en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua que ingresa a los acueductos. La formación de las biopelículas se inicia con la adherencia de partículas de sílice, diatomeas y bacterias, principalmente filamentosas, presentes en el agua influente, mismas que al irse aglutinando, van formando una trama mucilaginosa con características pegajosas en la que, de manera paulatina, se van adhiriendo las partículas suspendidas en el agua, entre ellas, arcilla y materia orgánica que utilizan tales microorganismos como sustrato. Este proceso continúa, dando como resultado el engrosamiento de la biopelícula y con esto, la oportunidad para que otro tipo de organismos, tales como los moluscos y crustáceos colonicen, y por ende se incremente, aún más, el espesor de la biopelícula. Este incremento en el espesor da como resultado la disminución del diámetro interior de la tubería, el incremento del coeficiente de rugosidad y la disminución del gasto entregado.

1.1.2. Nacional

Marchand (2002), en su tesis: “Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana”:

De acuerdo a la NTN, 17,86% de muestras de agua de inmuebles son inaptas, no tomándose en consideración a *Pseudomonas aeruginosa* y *Estreptococos fecales*. Si se tomara en cuenta estos indicadores el porcentaje de muestras inaptas se elevaría al 23,66%. De acuerdo a la NTN, 73,68% de muestras de agua de pozos son inaptas, no tomándose en cuenta muestras con *Pseudomonas aeruginosa* y *Estreptococos fecales*. Si se tomara en cuenta estos indicadores el porcentaje de muestras inaptas se elevaría al 94,64%. Se comprobó la importancia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Estreptococos fecales* como indicadores de la calidad microbiológica del agua de consumo humano, complementarios al uso de bacterias heterotróficas y coliformes. La contaminación microbiológica del agua en inmuebles, se debe principalmente a la falta de mantenimiento, limpieza y desinfección de los Sistemas de Distribución y almacenamiento de Agua.

Gómez (2016), en su informe de investigación: “Presencia de biopelículas en la calidad del agua potable del AA.HH. El Carmen – Huara – 2016”:

La contaminación microbiológica del agua en inmuebles, se debe principalmente a la falta de mantenimiento, limpieza y desinfección de los Sistemas de Distribución y almacenamiento de Agua. En pozos, el problema radica principalmente en las condiciones higiénico-sanitarias, las características del suelo y la contaminación de la napa freática por excretas. La *Pseudomonas aeruginosa* y *Estreptococos fecales*, son importantes como indicadores de la calidad microbiológica del agua de consumo humano, complementarios al uso de Bacterias Heterotróficas y Coliformes.

De los factores de virulencia asociados a la superficie bacteriana, la actividad MRHA (Hemaglutinación resistente a manosa), fue la única que se correlacionó de manera significativa con fuerte formación de biopelícula. La resistencia de *Staphylococcus aureus* es mayor, en comparación con *Pseudomonas aeruginosa*, a los compuestos de peróxido de hidrógeno en las concentraciones del 0,5% al 3,0%.

Díaz (2010), En su tesis: “Condición bacteriológica del agua en la fuente y en la red de distribución de la clínica odontológica de la UCSM, Arequipa 2010”:

A partir del análisis microbiológico según la técnica de fermentación de tubos múltiples de Wilson para la fuente; se obtuvieron resultados que indicaron ausencia tanto de coliformes totales como fecales. Estas muestras fueron tomadas a través del tiempo (diferentes fechas), lo cual le puede dar mayor significancia).

Para la red de distribución, se examinaron a la totalidad de puntos ya que cada uno de ellos presentaba un recorrido diferente, luego del respectivo análisis se encontró presencia de coliformes totales en 5 de los 42 caños, con valores de 2 NMP/100 ml en todos los casos, valores que no se encuentran dentro de los límites permisibles en el Perú, que se rige por la OMS.

Respecto a coliformes fecales, luego del análisis correspondiente, no se encontraron en ninguno de los puntos que conforman la red de distribución de agua en la Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Santa María.

La no presencia de coliformes fecales, se considera como lo esperado en un análisis de agua, tal como lo indica el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano emitido por Ministerio de Salud y la Dirección General de Salud, lo cual está refrendado por la Organización Mundial de la Salud; el cual es quizá el estándar más importante del agua y se usa universalmente pues es base para la legislación de varias normas que se aplican en diferentes países.

La presencia de bacterias coliformes totales en la red de distribución, no habiéndose encontrado en la fuente, se debería al recorrido que hace el agua, a través de las tuberías, probablemente por la presencia de averías, películas o limos de crecimiento en sus paredes, lo cual haría que sean más resistentes a la cloración residual. Además hay que tener en cuenta que el cloro tiene un tiempo de vida limitado, el cual se ve afectado por la evaporación de sus gases o porque puede consumirse debido a que reacciona con otros componentes minerales que se encuentran habitualmente en el agua, por lo que al disminuirse su cantidad, las bacterias quedan libres para realizar su actividad.

1.2. Marco legal

Esta tesis está enmarcado fundamentalmente dentro de siguiente legislación:
Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano - DS N° 031-2010-Sa.

Capítulo II, Artículo 50°.- Obligaciones del proveedor

El proveedor de agua para consumo humano está obligado a:

1. Suministrar agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos establecidos en el presente Reglamento
2. Controlar la calidad del agua que suministra para el consumo humano de acuerdo a lo normado en el presente Reglamento

Título IX, Artículo 60°.- Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli
2. Virus
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y o oquistes de protozoarios patógenos
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Artículo 61°.- Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que

originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 62°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Anexo III del presente Reglamento.

Artículo 63°.- Parámetros de control obligatorio (PCO)

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales
2. Coliformes termotolerantes
3. Color
4. Turbiedad
5. Residual de desinfectante
6. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

Artículo 66°.- Control de desinfectante

Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener

menos de 0.3 mgL-1 y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

Artículo 67°.- Control por contaminación microbiológica

Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales y/o coliformes termotolerantes, el proveedor investigará inmediatamente las causas para adoptar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de 0.5 mgL-1 de cloro residual libre. Complementariamente se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detectó el problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas no se presenten bacterias coliformes totales ni termotolerantes.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Biopelícula

a. Definición

Traducido del término en inglés biofilms, son organizaciones de microorganismos que se asocian entre sí y con la pared de las tuberías por medio de una sustancia que ellos mismos segregan. (Vanegas, 1997)

b. Estructura

Claude Zobell fue el primero en notar la marcada preferencia de las bacterias marinas por el crecimiento sobre superficies y el grupo de Costerton extendió esta observación a una gran variedad de ecosistemas microbianos incluyendo también superficies vivas como, por ejemplo, los tejidos de los organismos eucariotas. Este concepto inicial sobre el crecimiento preferencial sobre superficies no insinuaba, en un principio, ningún tipo de estructura compleja del biofilm, y hasta el año 1987, se creía que los biofilms eran simples cúmulos de material polimérico dentro del cual se encontraban embebidas aleatoriamente las células microbianas sin ningún tipo de organización.

La formación del biofilm puede ocurrir por al menos tres mecanismos. Uno de ellos es la división binaria de las células adheridas. El segundo mecanismo es la redistribución de las células adheridas mediante la movilidad superficial. Es decir que a medida que

las células se dividen, las células hijas se desplazan sobre la superficie para formar cúmulos celulares, de manera similar a lo que ocurre en la formación de colonias en las placas de agar. Un tercer mecanismo de agregación es la captación de células planctónicas a partir del fluido hacia el biofilm desarrollado. La contribución relativa de estos tres mecanismos depende de los organismos involucrados, la naturaleza de la superficie colonizada y las condiciones físicas y químicas del medio ambiente e impacta sobre la estructura del biofilm (Díaz, 2011).

c. Etapas de desarrollo

Etapas 1. Acondicionamiento de la superficie.

Existen factores externos que afectan la adhesión de las bacterias desde un medio líquido sobre un sólido.

Factores físicos: Los factores físicos más importantes son la tensión de corte, temperatura, rugosidad, topografía y carga superficial. Estos factores influyen en el transporte, los fenómenos interfaciales, el desprendimiento y las reacciones en la interfase.

Factores químicos: Los factores químicos son numerosos, algunos de los más importantes son: la composición de la superficie del sustrato, la composición del medio en el que se desarrolla el biofilm, el pH, el oxígeno disuelto (Díaz, 2011).

Etapas 2. Adhesión reversible.

La adhesión primaria (reversible) de bacterias a una superficie o a un sustrato puede ser de dos maneras:

Activa: La motilidad, otorgada por flagelos, fimbrias y pilis tipo IV, ayudaría a la bacteria a alcanzar la superficie en las etapas iniciales de la adhesión, siendo su función principal vencer las fuerzas de repulsión más que actuar como adherente. Sin embargo, la motilidad no parece ser un requisito esencial para el acercamiento al sustrato, puesto que bacterias Gram-positivas inmóviles, como estafilococos, estreptococos y micobacterias, también poseen la capacidad de formar biofilms. En el caso de las bacterias Gram-positivas se ha descrito, en esta primera etapa, la participación de

proteínas de superficie. Una vez que llegan a la superficie pueden desplazarse sobre ella mediante movimientos individuales o grupales.

Pasiva: Factores externos tales como la gravedad, difusión, precipitación de partículas y dinámica de fluidos pueden favorecer la adhesión de los microorganismos a cualquier superficie (Díaz, 2011).

Etapas 3. Adhesión irreversible.

El cambio desde la adhesión reversible a irreversible se produce por la transición desde una interacción débil de la célula con el sustrato hasta un enlace permanente, frecuentemente mediado por la presencia de polímeros y apéndices extracelulares (Díaz, 2011).

Etapas 4. Maduración del biofilm

La siguiente etapa del desarrollo del biofilm corresponde a la maduración que da como resultado una arquitectura compleja, con canales, poros y redistribución de bacterias en el sustrato. La densidad global y la complejidad del biofilm aumentan a medida que los organismos adheridos se replican, mueren y los componentes extracelulares de las bacterias interactúan con las moléculas orgánicas e inorgánicas presentes en el medio ambiente circundante. El potencial crecimiento de cualquier biofilm está limitado por la disponibilidad de nutrientes en el ambiente inmediato, la penetración de estos nutrientes dentro del biofilm y la eliminación de residuos. Otros factores que pueden controlar la maduración del biofilm son el pH interno, la penetración de oxígeno y fuentes de carbono y la osmolaridad (Díaz, 2011).

Etapas 5. Desprendimiento de bacterias

El término desprendimiento es un término que se utiliza para describir la liberación de células (ya sea individualmente o en grupos) de un biofilm o sustrato. El desprendimiento activo es un evento fisiológicamente regulado, pero sólo pocos estudios han demostrado la base biológica para este proceso. Allison y colaboradores han reportado que luego de una extensa incubación, los biofilms de *P. fluorescens* pueden desprenderse y al mismo tiempo reducir la producción de EPS. Se ha sugerido que la necesidad de nutrientes o la presencia de sustancias agresivas pueden conducir al

desprendimiento de células en busca de ambientes nutritivamente ricos o menos nocivos mediante un mecanismo aún desconocido. Las células del biofilm dispersadas pueden revertir su estado al crecimiento planctónico, por lo que, el desarrollo de vida del biofilm se transforma en un ciclo completo. Otro punto a tener en cuenta es que una microcolonia en división continua libera residuos y nutrientes que podrán utilizarse para acondicionar las superficies desnudas y para alimentar a otras células. Si las condiciones de flujo hídrico lo permiten, se establece el equilibrio entre el crecimiento de la colonia y el flujo laminar del agua que favorece la liberación de pocas células, pero con un flujo intenso o turbulento se pueden desprender muchas más. Los tres principales mecanismos para generar el desprendimiento serían:

Erosión: remoción continua de pequeñas partes del biofilm

Separación: remoción rápida y masiva

Abrasión: liberación por colisión de partículas suspendidas en el líquido circundante con el biofilm (Díaz, 2011).

d. Biopelículas en las redes de distribución de agua.

Las técnicas de potabilización de agua actuales logran eliminar la mayor parte de bacterias presentes, sin embargo, no consiguen eliminar su totalidad. Algunos de los medios que tienen estos organismos para superar estas técnicas incluyen su asociación a partículas de turbiedad que logren pasar la barrera de la filtración en la planta de tratamiento o penetrar coligados a partículas de los finos del carbón activado utilizado en la filtración (Gelvés, 2005).

Actualmente se asume que, si una planta de tratamiento funciona adecuadamente, el número de bacterias patógenas liberadas al sistema de distribución será bajo. Sin embargo, los microorganismos también pueden entrar en los sistemas de distribución de agua por uniones, tuberías rotas o deficientes y/o por procesos como los transitorios hidráulicos debidos a fallos en el funcionamiento de los sistemas de distribución donde pueda haber intrusión de aguas contaminadas (Ramos, 2012).

Los biofilms se forman como respuesta de las bacterias ante un medio adverso, como lo es el agua potable, debido a su bajo contenido en nutrientes. Dependiendo de la

especie, las bacterias adoptarán diferentes estrategias para la formación de los biofilms. Unas cambiarán su cubierta para hacerla más hidrófoba y dirigirse hacia las paredes; otras irán moviéndose directamente con sus flagelos o pili, y otras caerán al fondo por gravedad (Piera, 2002). Los biofilms se forman siempre que haya agua en contacto con una superficie sólida (por lo que los sistemas de distribución son ambientes propicios para su desarrollo). Se fijan fuertemente, contra la repulsión inicial, a la pared interior de las tuberías y la modifican, mientras captan más nutrientes y nuevas bacterias.

El desarrollo de un biofilm maduro puede llevar varias horas o varias semanas, dependiendo del agente que origine su adhesión, el tipo de tratamiento del agua, las condiciones de operación del sistema, la velocidad del flujo u otros.

La formación de un biofilm es un proceso dinámico, lo que produce desconfianza acerca de la calidad del agua que llega a las casas de los usuarios y que podría producir problemas en la salud humana. Sin embargo, no es un proceso aleatorio sino que sigue una sistemática que permite su predicción (Piera, 2002).

La presencia de biofilms en los sistemas de distribución de agua lleva asociada numerosos aspectos negativos. De hecho, estas comunidades microbianas son responsables de muchos de los problemas que se dan en estos sistemas.

Los problemas asociados al desarrollo de biofilms en los sistemas de distribución siguen la siguiente clasificación: Riesgo sanitario, Deterioro estético del agua, Proliferación de organismos superiores, Problemas operacionales, Consumo de desinfectante, Biocorrosión (Ramos, 2012).

e. Metodología para el estudio de biopelículas

Hay una variedad de condiciones experimentales que favorecen la formación de biopelícula. Como consecuencia de la diversidad de técnicas y de microorganismos como objeto de estudio, además de la necesidad de reproducibilidad de los experimentos entre distintos laboratorios, cuatro sistemas generales han sido rutinariamente empleados por los investigadores:

Cultivos continuos asociados a visualizaciones por microscopía confocal, cultivos estáticos en placas microtiter, obtención de biopelículas flotantes en interfase líquido-

aire y visualización de la morfología de colonias en la superficie de medios sólidos (Branda et al., 2005).

Actualmente los métodos más utilizados comprenden técnicas de observación directa con la visualización microscópica de la biopelícula o técnicas de observación indirecta con método convencional de recuentos bacterianos o el uso de indicadores de metabolismo (Donlan y Costerton, 2002).

Las técnicas que se basan en la observación directa de la adherencia y colonización microbiana utilizan microscopios ópticos, confocales o electrónicos. Los primeros consisten en la opción más antigua y asequible para estudio de las biopelículas, además es considerada una de las más versátiles pese que presente limitaciones como la necesidad de tinción y/o fijación de las muestras y consecuente muerte de los microorganismos, producción de artefactos y imposibilidad de estudiar la estructura tridimensional de la biopelícula (Christensen et al., 2000).

La microscopía confocal suprime varias de las limitaciones de la microscopía óptica. Los microscopios confocales combinan la iluminación láser, las imágenes confocales, el uso de objetivos apocromáticos y el procesamiento de las imágenes por ordenador que genera reconstrucciones tridimensionales del espécimen visualizado. De esta manera se puede estudiar la arquitectura de la biopelícula, las interacciones entre las bacterias y la superficie y con el uso combinado de determinados marcadores se evidencia y se cuantifica el contenido de células viables o componentes de la matriz celular *in situ* (Christensen et al., 2000).

Los microscopios electrónicos pueden ser de transmisión y de barrido, en ambos se necesita la preparación previa de las muestras lo que habitualmente genera artefactos o distorsiones en la estructura normal de una biopelícula, aparte de destruir los microorganismos y no proporcionan informaciones sobre la viabilidad celular. Aunque presenta dichas limitaciones, el microscopio electrónico de barrido permite la cuantificación de microorganismos adheridos a superficies opacas como plásticos, metales, cerámicas o catéteres diversos lo que sería imposible por los otros métodos (Christensen et al., 2000).

Los métodos indirectos permiten la cuantificación de microorganismos adheridos a superficies por su retirada en etapas abrasivas con rascados, agitación de los materiales

y posterior dilución y recuentos bacterianos. Las principales limitaciones residen en el hecho de que esas técnicas no permiten el análisis de la estructura de la biopelícula, las etapas abrasivas podrían resultar en injurias y disminución del número de células viables además de que no todos microorganismos de la biopelícula son cultivables (Lindsay y Holy, 2006)

La utilización de tinciones y de indicadores metabólicos se presenta como alternativa viable para el estudio y cuantificación de la formación biopelículas por diversos microorganismos (Christensen et al., 2000). Estos ensayos son ejecutados en placas microtiter para determinar tanto la biomasa total (matriz, células vivas y muertas), componentes específicos de la matriz por su tinción, o para la cuantificación de viabilidad (Peeters et al., 2008).

Los ensayos para cuantificación de formación de biopelícula en placas microtiter son empleados para diversos microorganismos. Un particular enfoque ha sido dado al uso del cristal violeta como indicador de biomasa total para distinguir entre cepas parentales de *E. coli* y mutantes con adhesión alterada, y también para clasificar en categorías de formación de biopelículas cepas de *Staphylococcus epidermidis* y *Vibrio* spp. (Pitts et al., 2003)

Los ensayos que miden la biomasa total tienen limitaciones en los estudios de disrupción de biopelículas una vez que no permiten la diferenciación entre células viables y muertas lo que dificulta la evaluación de la acción de antimicrobianos contra las bacterias asociadas a biopelícula. Para la discriminación entre células viables y muertas se emplean técnicas que cuantifican la actividad metabólica con tinciones vitales como las sales de tetrazolio, diacetato de fluoresceína y resazurina o azul de alamar (Peeters et al., 2008).

El uso del azul de alamar fue descrito por Drummond y Waigh en 2000 y desde entonces viene siendo modificado con el objetivo de mejorar su precisión y aplicabilidad en la determinación de la CMI de diversos compuestos (Sarker et al., 2007). Ese método permite determinar la viabilidad en sistemas de cultivo planctónico o sésil, no simplemente la biomasa, además es un método fiable, reproducible y que tiene una excelente correlación con la determinación de los recuentos bacterianos. Las principales

limitaciones del método son la sensibilidad del colorante-vital a la luz y al calor, condiciones que son fácilmente controlables en el laboratorio (Pettit et al., 2005)

1.3.2. Calidad del agua

a) Calidad microbiológica del agua

La calidad microbiológica del agua puede cambiar en el tiempo durante su estadía en el interior de la red, el cual es suficiente para que su calidad pueda verse alterada ante la presencia de biopelículas, y más explícitamente ante el desprendimiento de microorganismos dentro de la masa de agua.

b) Factores que contribuyen al deterioro de la calidad del agua

Los factores que contribuyen al deterioro de la calidad del agua pueden estar asociados a la calidad de la fuente de agua, los procesos de tratamiento y operaciones de mantenimiento de la red de distribución.

Procesos de tratamiento.- En sistemas de tratamiento que solo se usa desinfectante para el tratamiento de agua no se puede evitar que una amplia variedad de organismos tales como algas, protozoos y gusanos multicelulares, así como larvas de insectos logren entrar al sistema de distribución. El proceso de desinfección es también menos efectivo sobre ciertos microorganismos como los formadores de esporas, organismos gram positivos, bacterias pigmentadas, hongos, levaduras y quistes de protozoarios (EPA 2002).

En los sistemas de tratamiento con filtración, este presenta una barrera importante para los quistes de ciertos protozoarios como son: Entoameba, Giardia, Cryptosporidium; en este caso la filtración resulta ser más eficaz que los desinfectantes aplicados en el procesado de aguas.

Manipulación de la red de distribución.- En episodios de reparación o ampliación de la red se debe controlar la calidad del agua en la sección reparada o instalada. El control de los niveles de bacterias heterotróficas y de coliformes se debe realizar para comprobar la limpieza de la tubería. Los niveles de bacterias heterotróficas y de coliformes se deben realizar para comprobar la limpieza de la tubería. Los niveles de bacteria heterotróficas HPC en esta situación reflejan la cantidad de organismos que

puedan haberse introducido en las tuberías durante su construcción o reparación. Los depósitos de tierra en las nuevas secciones de tubería pueden introducir gran variedad de bacterias heterotróficas en la red de distribución y proporcionar en alguna medida protección a las bacterias (EPA 2002).

Se recomienda que después de instalada una nueva tubería o después de hacer reparaciones lavar con agua las tuberías a una velocidad mínima 3m/s, con el fin de remover las partículas de tierra que hayan podido quedar en el proceso. Después se debe adicionar un desinfectante a las nuevas secciones de tubería y mantener el agua durante 24 a 48 horas para optimizar el estado sanitario de la línea. Las pruebas bacteriológicas para coliformes y los niveles de HPC deben efectuarse para su control. Los niveles aceptables que se deben encontrar son (<1coliforme/100ml; <500HPC/ml). Si los niveles no son aceptables, la línea debe lavarse con agua y rellenarse de nuevo con agua dosificada con 50 mg/l de cloro libre disponible. Los niveles de cloro no deberán bajar a 25mg/l durante un periodo de 24 horas antes de repetir el lavado de la línea y las pruebas bacteriológicas (Geldreich, 2000).

c) Organismos presentes en las biopelículas de los sistemas de distribución

Esencialmente los organismos que predominan las biopelículas son bacterias gram negativas, particularmente especies de patógenos oportunistas tales como *Pseudomonas* y *Flavobacterium*. Los hongos también forman parte de las biopelículas y han sido detectados hongos filamentosos como *fusarium* y *exophiala* (Flemming, Percival, & Walker, 2002).

Coliformes: Este tipo de bacterias gram-negativas se encuentran en algunas ocasiones en los suministros de agua. Las bacterias coliformes son susceptibles a la acción oxidante del cloro, pero estas pueden protegerse de la inactivación por asociación a partículas como pueden ser, finos de carbón activado y sedimentos orgánicos (Flemming et al., 2002). De las bacterias coliformes, la *Klebsiella pneumonide*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae* y *Citrobacter freundii* son las colonizadoras de más éxito. Una vez que están establecidos en un hábitat dentro de la red, pueden desarrollarse libremente. Esta condición puede persistir hasta que los efectos de erosión por la hidráulica del flujo, limiten el crecimiento de la colonia, o sean afectados por el desinfectante utilizado en el sistema. (Geldreich, 2000).

Los estudios sugieren que los coliformes en los sistemas de distribución se originan en las biopelículas. Es claro entonces que las biopelículas sirven no solo como medio de desarrollo, si no como medio de protección para patógenos oportunistas, proveyéndoles un nicho apropiado donde protegerse del ambiente agresivo. En contraste también se ha determinado que la depredación de la biopelícula por macroorganismos puede dar lugar a la disminución de los conteos de (Flemming et al., 2002)

Bacterias: El grupo primario de bacterias patógenas responsable de enfermedades intestinales de origen hídrico son; *Shigella*, *Salmonella*, *Yersenia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni* y *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*.

Micobacterias: Las micobacterias en los sistemas de distribución pueden ser originadas en la fuente, sea superficial o subterránea, o por contaminación en procesos de reparaciones o construcción de nuevas redes en el sistema de distribución. Este tipo de bacteria tiene gran importancia en la salud, las especies *Mycobacterium avium*, *M. gordonae*, *M. flavescens*, *M. fortuitum*, *M. chelonae* y *M. phlei*, pueden colonizar a los seres humanos, especialmente a los susceptibles como pueden ser pacientes con algún tipo de inmunodeficiencia, en pacientes convalecientes de cirugía, o individuos en diálisis de riñón, la colonización se puede dar por varias rutas, incluyendo el suministro de agua. La capacidad de la micobacteria para sobrevivir en los sistemas de distribución puede estar influenciada por la naturaleza cerúlea de la pared celular la cual puede ayudar a estos organismos a resistir hasta 1,5 mg de cloro residual durante un tiempo de contacto de 30 minutos. Se han registrado incrementos en las cantidades de estas bacterias en zonas finales de las tuberías de distribución, donde el cloro residual disminuye, y donde se incrementan las concentraciones totales de carbono orgánico, el cual sirve como suministro de nutrientes. Las micobacterias han sido detectadas en las biopelículas desde los años 90's, el primer reporte mostró que *M. kansasii* y *M. Flavescen*.

Bacterias pigmentadas: Una característica de algunas bacterias que pueden estar presentes en la distribución de agua es su capacidad para formar pigmentos coloreados brillantes. Se ha encontrado que las bacterias pigmentadas pueden ser resistentes a 0,75 mg/L de cloro libre durante 30 a 60 minutos, pero sensibles a 1,0 mg/l de cloramina durante 60 minutos. El análisis por ácidos grasos ha demostrado que muchas de las bacterias pigmentadas pertenecen al género *Rhodococcus* y poseen lípidos que las hacen resistentes a la desinfección (Flemming et al., 2002).

Bacterias resistentes a los desinfectantes: La cloración del agua en los sistemas de tratamiento genera una fuerte presión selectora sobre las poblaciones. Se ha encontrado que las bacterias aisladas de la distribución de agua superficial clorada fueron más resistentes a ambas formas, libres y combinadas del cloro que los miembros de los mismos géneros aislados de un sistema de aguas subterráneas no cloradas, los diferentes tipos de microorganismos aislados más resistentes de uno u otro sistema de agua como los gram-positivos, formadores de esporas.

Actinomicetos y otros organismos: Estos pueden llegar a generar problemas de sabores y olores desagradables en los sistemas de distribución. Las especies *Nocardia* fueron predominantes en el agua tratada de sistemas de tratamiento consistentes en aireación y filtración, o aireación y filtración en arena, ozonización y adsorción en carbón activo. Las concentraciones de Micromonosporas aumentaron en el agua tratada por tratamiento consistente en floculación, sedimentación y filtrado en arena o aireación y lecho filtrante. Algunas crecieron también en depósitos de agua tratada con paredes revestidas de PVC y en las tuberías de distribución donde tuvieron acumulaciones de material orgánico en forma de sedimentos o en las biopelículas.

Virus: La mayoría de virus encontrados en los sistemas de distribución de agua potable y que tienen incidencia sobre la salud son llamados virus entéricos, que son conocidos por causar enfermedades gastrointestinales. Los virus necesitan un huésped específico para proliferar (como los humanos). En una biopelícula los virus pueden acumularse, mas no reproducirse. Un estudio demostró que se encuentran más poliovirus en una biopelícula que en la masa de agua. Hay diez veces más virus en una biopelícula que en el flujo de agua en presencia de cloro, y en ausencia de este, hay 20 veces más virus en la biopelícula que en el flujo de agua. Más específicamente ha sido detectado Coxsackievirus B, en biopelículas ubicadas en redes principales a la salida de la planta de tratamiento (EPA. 2002). La biopelícula protege a los virus de los desinfectantes, lo que les permite vivir por más tiempo.

Protozoos: Pocos estudios han examinado la presencia de Protozoos (animales unicelulares) en la red de acueducto o en las biopelículas. Una diversa flora de organismos acuáticos libres pueden asociarse a la biopelícula. Ciliados, amebas y flagelados han sido detectados en biopelículas de sistemas de distribución piloto. Se ha encontrado un promedio de 103 células / cm² en la biopelícula. Muchos protozoos se

alimentan de bacterias, de esta forma la población de estos se co-relaciona con la densidad bacterial (EPA. 2002).

Invertebrados: Cierta número de invertebrados colonizan los sistemas de distribución, incluyendo delgados nemátodos (gusanos), ácaros, larvas y pequeños crustáceos. Estos organismos entran en la red de distribución a través de la planta de tratamiento, rotura de tuberías y succiones por presiones negativas; muchos sobreviven alimentándose de bacterias como fuente de energía. Estos invertebrados no están involucrados como causa alguna de las enfermedades hídricas, varias bacterias acuáticas han sido encontradas dentro de intestinos de nemátodos recogidos en su hábitat natural. Los nemátodos pueden ingerir bacterias patógenas y de esta forma los protegen de desinfectantes, mejorando su supervivencia en las biopelículas de los sistemas de distribución. El problema más reconocido es que los macro invertebrados se encuentran ocasionalmente en los grifos, causando quejas frecuentes en los consumidores. (EPA. 2002).

Algas y sus toxinas: Unas pocas especies de algas, primordialmente cianobacterias o algas verdes – azules, producen floración en aguas frescas lo que resulta en niveles elevados de toxinas. Los cuales incluyen hepatoxinas y neurotoxinas (Codony, Miranda, & Mas, 2003), tienen el suficiente poder de matar a un animal en cuestión de minutos. Numerosos reportes mostraron que floraciones de cianobacterias pueden matar animales grandes como los del ganado, ovejas, caballos, cerdos y perros en pocos minutos u horas después de ingerir agua o algo con algas en floración. (EPA. 2002).

Hongos: Los hongos se encuentran en todo el ambiente (ubicuos) y se ha encontrado un diverso grupo de ellos en las redes de acueducto. Varias investigaciones reportaron que los hongos filiformes y las levaduras son comunes en los tubos de la red, aún en presencia de cloro residual, tanque e hidrantes pueden ser fuentes significantes de hongos. (EPA. 2002).

d) Calidad físico química del agua

Olor y sabor: Se ha encontrado que las algas, pueden deteriorar las características organolépticas del agua, en (Codony et al., 2003) encontró que estos organismos tienen la capacidad de crecer en los sistemas de distribución en ausencia de luz y alojados en las biopelículas. Estas algas pueden proliferar en la oscuridad debido a su capacidad de desarrollar metabolismos heterotróficos, utilizar el carbono como fuente de energía y

desarrollarse en las biopelículas. Ciertos productos del metabolismo de los hongos como geoesmin y 2-metilisoborneol han sido asociados a la presencia de sabores y/o olores (Env. Agency. UK, 1998), la familia de los actinomicetos es la más notable (streptomyces, nocardia, microbispora). También otra variedad de organismos puede producir estos metabolitos, por ejemplo las algas como los miembros de la familia Chorophyceae y Bacillariophyceae y algunos tipos de bacterias, como las cianobacterias también llamadas algas verde-azules (Oscillatoria, Anabaena, Aphanizomenon). Estos metabolitos son producidos en los procesos de crecimiento y en los procesos de muerte y descomposición. El umbral de tolerancia para olor de estos metabolitos es: para geoesmin $0.015 \text{ lg} / \mu$ y $0.02 \text{ } 0.015 \text{ lg} / \mu$ para 2metilisoborneol (Env. Agency. UK. 1998). Otro tipo de olores y sabores son también asociados con metabolitos originados en procesos de descomposición de compuestos sulfurados mediados por algas y hongos (Actinomicetos), estos olores / sabores pueden ser a; pescado, hierba, madera. Sabores sulfurados pueden ser también liberados por la reducción de sulfatos bajo condiciones anaerobias. (Env. Agency. UK. 1998).

Muchos de los problemas de olores en los sistemas de distribución han sido relacionados con la presencia de ciertas sustancias, como el dimetilpolisulfuro o polisulfuros inorgánicos, los cuales causan problemas de olor a pantano del agua potable (Heitz, Kagi, & Alexander, 2000). Este problema se presenta especialmente en sistemas de distribución alimentados por aguas subterráneas, o en suministros de agua superficial ricos en sulfuros, el método tradicional que se utiliza es la reducción de este sulfuro a formas más estables, para esto se usa algún tipo de oxidante como puede ser el mismo desinfectante. (Heitz et al., 2000)

Color: Los eventos de color están básicamente mediados por 2 factores: por la presencia en las biopelículas de bacterias reductoras de hierro, o por la corrosión de materiales inducida por la actividad de las bacterias reductoras de hierro y potenciado por la presencia de las biopelículas (Env. Agency. UK. 1998). Las bacterias del género *Hyphomicrobium*, cuando se desprenden de la biopelícula, afectan el color del agua oscureciéndola. (EPA. 2002).

1.3.3. Riesgo Sanitario

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas, parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos.

Las bacterias tienen capacidad para adaptarse y desarrollarse en las biopelículas de las redes de agua, los cuales les ofrecen todos los microambientes nutritivos y electroquímicos necesarios para su evolución y protección contra los desinfectantes (Nieto, 2009) Es por ello que las biopelículas pueden convertirse en reservorio de bacterias patógenas, ya que actúan como refugio protegiéndolas de los desinfectantes.

La presencia de biopelículas en las redes de distribución de agua potable trae muchas consecuencias a la salud, entre ellas tenemos:

Enfermedades gastrointestinales:

Disentería amebiana

La amebiasis o amibiasis es una enfermedad parasitaria intestinal de tipo alimenticia producida por la infección por la ameba *Entamoeba histolytica*, protozoo rizópodo muy extendido en climas cálidos y tropicales. El parásito se adquiere por lo general en su forma quística a través de la ingestión oral de alimentos o líquidos contaminados. Cuando invade el intestino, puede producir disentería, aunque también puede extenderse a otros órganos.

Disenteria bacilar.

La Shigelosis es otra forma de disentería, una infección bacteriana aguda que afecta al intestino grueso y la porción distal del intestino delgado causada por un grupo de bacterias Gram negativas llamadas *Shigella*. Presenta una distribución mundial y una elevada prevalencia y gravedad en los países en vías de desarrollo.

La Shigelosis afecta a la porción distal del intestino delgado y al intestino grueso, caracterizada por diarrea poco profusa acompañada de fiebre, náuseas, vómitos, cólicos, tenesmo y a veces toxemia. En los casos característicos, las heces contienen sangre y moco (disentería), a consecuencia de la aparición de úlceras en la mucosa y microabscesos confluentes en las criptas del colon; sin embargo, en muchos casos, la manifestación inicial es la diarrea acuosa.

Infecciones estomacales

Las infecciones estomacales es cualquier padecimiento que involucra al aparato digestivo. La frecuencia de las infecciones estomacales se debe al contacto con virus o bacterias a través de los alimentos.

Los virus y bacterias que las producen son capaces de sobrevivir por algún tiempo en el exterior del cuerpo humano

Fiebre tifoidea y paratifoidea.

La fiebre tifoidea, también denominada tifus, fiebre entérica, es una enfermedad infecciosa producida por algunos serotipos de Salmonella enterica, como typhi o bacilo de Eberth. Su reservorio es el hombre, y el mecanismo de contagio es fecal-oral, a través de agua y de alimentos contaminados con deyecciones.

El germen ingresa por vía digestiva y llega al intestino, pasando finalmente a la sangre, causando una fase de bacteriemia hacia la primera semana de la enfermedad; posteriormente se localiza en diversos órganos y produce fenómenos inflamatorios y necróticos, debidos a la liberación de endotoxinas. Finalmente, las salmonellas se eliminan al exterior por las heces.

Enfermedades dermatológicas:

Dermatitis

La dermatitis puede ser causada por Pseudomonas aeruginosas, que es un germen con predilección por medios húmedos. El 'rash' (manchas rosadas que suelen picar) se produce tras contacto directo de la piel con agua contaminada unos días después del baño. Los síntomas son: picor que puede acabar en piel enrojecida y edematosa. Se

caracteriza también por ampollas de pus en los folículos pilosos. Importante no llevar mucho tiempo el bañador húmedo y lavarlo diariamente. Un buen manejo de desinfectante y pH del agua puede prevenir esta dermatitis.

1.3.4. Definición de términos básicos

Agua tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.

Agua de consumo humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.

Consumidor: Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.

Conexiones domiciliarias: Es el conjunto de tuberías y accesorios que transportan el agua desde la red principal hasta la vivienda.

Cloro residual libre: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

Desinfección del agua: La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos.

Escherichia Coli: Se trata de una enterobacteria que se encuentra generalmente en los intestinos animales, y por ende en las aguas negras, pero se le puede encontrar en multitud de ambientes, dado que es un organismo ubicuo.

Gestión de la calidad de agua de consumo humano: Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento.

Límite máximo permisible: Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.

Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano.

Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial.

Parámetros inorgánicos: Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano.

Parámetros de control obligatorio (PCO): Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano.

Plan de control de la calidad (PCC) : Instrumento técnico a través del cual se establecen un conjunto de medidas necesarias para aplicar, asegurar y hacer cumplir la norma sanitaria a fin de proveer agua inocua, con el fin de proteger la salud de los consumidores.

Proveedor del servicio de agua para el consumo humano: Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano. Así como proveedores del servicio en condiciones especiales.

Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano: Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.

Sistema de distribución: Los sistemas de distribución transportan el agua desde una fuente de abastecimiento o planta de tratamiento hasta las personas que la consumen.

Sistema de tratamiento de agua: Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.

Red de distribución: Una red de distribución de agua potable es el conjunto de tuberías trabajando a presión, que se instalan en las vías de comunicación de los Urbanismos y a partir de las cuales serán abastecidas las diferentes parcelas o edificaciones.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron para el muestro y análisis fueron:

- Guantes.- Pares de guantes de latex para realizar el muestreo
- Mandil.- Indumentaria para realizar el muestro
- Mascarilla.- Se utilizó para realizar el muestreo
- Envases vidrio.- Se utilizaron 8 frascos de vidrio de 250ml esterilizados y rotulados
- Tubos de ensayo.- Se utilizaron para realizar los ensayos en laboratorio
- Caja Petri.- Se utilizaron para los cultivos de los ensayos bacteriológicos
- Termómetro.- Este instrumento se utilizó para realizar los ensayos en laboratorio
- Medios de cultivo.- Se utilizó para el crecimiento de microorganismos en los ensayos microbiológicos
- Reactivos de laboratorio.- Estas sustancias se utilizaron en los diferentes ensayos de laboratorio

Equipos

- Laptop.- Elaboración de informe
- Horno memmert.- Esterilización de frascos de vidrio y otros materiales de laboratorio
- Incubadora.- incubación de cultivos
- Potenciómetro.- Se utilizó para la determinación del pH
- Nefelómetro.- Se utilizó para la determinación de la turbiedad

2.2. Métodos

a) **Recopilación y análisis de información bibliográfica.**

Recopilación y análisis de información bibliográfica respecto a la población y al sistema de distribución de agua potable del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.

b) **Elaboración de encuesta.**

Se realizaron 80 encuestas en todo el barrio de Calvario para determinar junto a los datos recolectados las zonas más vulnerables a la presencia de biopelículas en su sistema de distribución de agua potable.

c) **Delimitación de área de muestreo.**

La técnica utilizada para realizar el muestreo es el No Probabilístico.

Realizada la encuesta y habiendo analizado los datos obtenidos y recopilados se determinó el área donde se realizó el muestreo, teniendo en cuenta cuales son los sectores más vulnerables a presentar biopelículas en el sistema de distribución de agua potable dentro del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.

d) **Solicitud de autorización.**

Determinada el área de muestreo, se procedió a presentar al dueño de cada vivienda seleccionada una solicitud, en donde se solicitó el permiso correspondiente para poder realizar el muestreo.

e) **Esterilización de frascos.**

Los frascos que se utilizaron para el muestreo fueron de vidrio de 250 ml siendo esterilizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín – Facultad de Ecología

f) Rotulación.

Antes del muestreo se marcaron los frascos mediante rotulador resistente al agua (plumón indeleble), con una referencia que permita su identificación. La muestra se acompañó de una etiqueta consignando los siguientes datos necesarios:

Identificado de la muestra (ID)

Localización de la muestra.

Fecha y hora de muestro.

Parámetro según corresponda.

g) Toma de muestras.

Se sacaron 04 muestras de 250 ml de agua en frascos de vidrio estériles en diferentes puntos del barrio de Calvario, 02 muestras de agua en conexiones domiciliarias y 02 muestras de agua en la red de distribución.

h) Envío de muestras al laboratorio

Las muestras de agua fueron enviadas al laboratorio de Referencia Regional de Salud Pública de San Martín, cumpliendo con las normativas de transporte de muestras.

i) Determinación de cloro residual mg/ml

El método para la determinación del cloro residual fue el DPD N°1. Los reactivos DPD son un método colorimétrico a base de N-Dietilpfeñilendiamina que al entrar en contacto con la muestra de agua reaccionarán, tornándose color magenta proporcionalmente a la concentración de cloro que haya en el agua.

j) Determinación del pH

El método para la determinación del pH fue utilizando el potenciómetro, El funcionamiento de un potenciómetro se basa en el mecanismo de una celda electroquímica, donde se involucran iones H^+ en la reacción química de la celda para determinar la concentración de estos iones en la solución y, de esta manera, obtener el pH de la misma.

Para medir el pH de una solución mediante la potenciometría se emplea un potenciómetro y un electrodo; el primero es el dispositivo que determina el pH, mientras que el segundo se basa en la combinación de un electrodo de referencia y otro de medición que es sensible a los analitos.

En este sentido, se forma un circuito por donde fluye la corriente eléctrica entre los electrodos y la solución, donde estos ejercen la función de una batería cuando se sumergen en la mencionada solución.

De esta manera, el potenciómetro genera un voltaje igual a cero (en unidades de milivoltios) cuando se tiene un pH igual a siete; es decir, neutro. Asimismo, cuando se registra un incremento en los valores de potencial (con números positivos) significa que se tienen valores menores de pH, y cuando se observa una disminución de estos —es decir, un crecimiento hacia los números negativos— se habla de valores mayores de pH.

k) Determinación de la turbiedad

El método para la determinación de la turbiedad fue el nefelométrico. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. Este método se basa en la comparación entre la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de luz dispersada por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones; a mayor dispersión de luz corresponde una mayor turbiedad.

l) Determinación del ensayo bacteriológico

El método para la determinación del ensayo bacteriológico fue el método de Número Más Probable; Se basa en el principio de que una única célula viva puede desarrollarse y producir un cultivo turbio. El método requiere la realización de una serie de diluciones en serie de la muestra de cultivo, en un medio líquido adecuado para el crecimiento de dicho organismo de un volumen diez veces mayor. Luego, se incuban las muestras de esos tubos y, pasado un tiempo, se examinan los tubos. Aquellos tubos que recibieron una o más células microbianas procedentes de la muestra, se pondrán turbios, mientras que los tubos que no recibieron ninguna célula permanecerán transparentes.

En las bacterias heterotróficas se emplea un medio de cultivo rico en nutrientes, como el extracto de levadura. La incubación se realiza durante 48 horas a 35 °C. de acuerdo con la referencia del método el APHA. AWWA. WEF. Part 9215. 21th Ed 2005.

Para coliformes totales la referencia del método aplicado es APHA. AWWA. WEF. Part 9221B. 21th Ed 2005, los coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG21 . Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo.

Los coliformes termotolerantes crecen a una temperatura de incubación de 44,5 °C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes. Para la determinación de estos se tomó como referencia del método APHA. AWWA. WEF. Part 9221E. 21th Ed 2005.

Para la determinación de la *E. Coli* la referencia de método utilizado fue el APHA. AWWA. WEF. Part 9221B, E y 9221F1. 21th Ed 2005; con una temperatura de incubación de 44,5 °C.

m) Determinación del ensayo parasitológico y organismos de vida libre

Para determinar la ausencia o presencia de huevos y larvas helmintos, quistes y coquistes de protozoarios patógenos se tomó la referencia del método del DIGESA-AG-PE-01, Detección de protozoos y helmintos parásitos en agua de bebida, basado en SMEWW AAPHA. AWWA. WEF. Part 9711B2.b.3) 21st Ed 2006.

Para determinar la ausencia o presencia de organismos de vida libre: Algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios larvarios se tomó la referencia del método del DIGESA-AG-PE-01, Detección de algas, protozoarios, nematodos en agua de bebida, basado en SMEWW AAPHA. AWWA. WEF. Part 9711B2.b.3) 21st Ed 2006.

2.2.1. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó programas como:

- Excel (para generar tablas y fichas técnicas).
- Word (para elaborar el informe final)
- AutoCAD (Ver el sistema de distribución de agua del barrio de calvario)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Determinación de los riesgos sanitarios por consumo de agua potable al que están expuestos la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba.

Tabla 1

Enfermedades infecciosas, estomacales o diarreicas

ÍTEM 1 ¿Usted o algún miembro de su familia se ha enfermado durante el último año de infecciones estomacales o diarreicas?	N° Personas encuestadas	%
Si	57	71
No	23	29
Total	80	100

En la tabla 1, se tiene como resultado que, el 71% de las personas encuestadas respondieron que durante el último año ellos o algún miembro de su familia se han enfermado de infecciones estomacales o diarreas y el otro 29% respondió que no se han enfermado.

Según la OMS un 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento e higiene deficientes. La mejora del abastecimiento de agua reduce entre un 6% y un 21% la morbilidad por diarrea, si se contabilizan las consecuencias graves. La mejora de la calidad del agua de bebida mediante el tratamiento del agua doméstica, por ejemplo con la cloración en el punto de consumo, puede reducir en un 35% a un 39% los episodios de diarrea.

Tabla 2*Personas propensas a contraer infecciones estomacales o diarreas*

ÍTEM 2 ¿Para usted, quiénes son los más propensos en su familia de contraer infecciones estomacales o diarreas?	N° Personas encuestadas	%
Niños	41	51
Ancianos	9	11
Gestantes	6	8
Todos	24	30
Total	80	100

En la tabla 2, se tiene como resultado que, un 51% de las personas encuestadas respondieron que los niños son los más propensos en su familia de contraer infecciones estomacales o diarreas, un 30% respondió que todos son propensos, mientras que un 11% ancianos y el otro 8% restante gestantes.

La OMS nos dice que 1,8 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades diarreicas (incluido el cólera); un 90% de esas personas son niños menores de cinco años, principalmente procedentes de países en desarrollo.

Tabla 3*Causa de enfermedades gastrointestinales*

ÍTEM 3 ¿Para usted cuál cree fue la causa de haberse enfermado?	N° Personas encuestadas	%
Consumo de alimentos	32	40
Consumo de agua cruda	41	51
Por acción de la contaminación del aire	2	3
Por mala disposición de la basura	5	6
Total	80	100

En la tabla 3, tenemos como resultado que, el 51% de personas encuestadas respondieron que la posible causa de haberse enfermado fue el consumo de agua cruda; un 40% respondió que es por causa de consumo de alimentos, otro 6% por la mala disposición de la basura y solo un 3% por acción de la contaminación del aire.

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable. A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas, parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos.

Las bacterias tienen capacidad para adaptarse y desarrollarse en las biopelículas de las redes de agua; la presencia de biopelículas en las redes de distribución de agua potable trae muchas consecuencias a la salud, entre enfermedades gastrointestinales.

Tabla 4

Enfermedades transmitidas por consumo de agua cruda

ÍTEM 4 ¿Conoce Usted que enfermedades pueden ser trasmitidas por el consumo de agua cruda?	Nº Personas encuestadas	%
Si	59	74
No	21	26
Total	80	100

En la tabla 4, se tiene como resultado que, el 74 % de personas encuestadas respondieron que si conocen cuales son las enfermedades que son trasmitidas por el consumo de agua cruda y el otro 26% respondieron que no. Las enfermedades que más mencionaron fueron: Dolores estomacales, diarreas, parasitosis intestinal, tifoidea y cólicos.

El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. La presencia de biopelículas en las redes de distribución de agua potable trae muchas consecuencias a la salud, entre ellas tenemos: enfermedades gastrointestinales y enfermedades dermatológicas.

Entre las enfermedades gastrointestinales más comunes tenemos: diarreas, disentería amebiana, disentería bacilar, Infecciones estomacales, Fiebre tifoidea y paratifoidea

Entre las enfermedades dermatológicas más comunes tenemos la dermatitis

Tabla 5

Agua potable apta para consumo humano

ÍTEM 5 ¿Cree usted que el agua potable que llega a sus caños está completamente apta para su consumo?	N° Personas encuestadas	%
Si	59	74
No	21	26
Total	80	100

En la tabla 5, se tiene como resultado que, el 74% de personas encuestadas respondieron que el agua potable que llega a sus caños no está completamente apta para su consumo ya que muchas veces llega turbia, con sedimentos y flemas; el otro 26% respondió que el agua que llega a sus caños está completamente apta para su consumo.

El agua es la base de la vida y forma la mayor parte del organismo del ser humano. Por lo general, las personas necesitamos beber una media de 1,5 litros de agua potable al día para poder desarrollar nuestra vida de una manera normal. El criterio principal para que el agua se considere apta para el consumo humano es que esté limpia, sea salubre y no contenga microorganismos o parásitos que supongan un riesgo para la salud humana.

Las técnicas de potabilización de agua actuales logran eliminar la mayor parte de bacterias presentes, sin embargo, no consiguen eliminar su totalidad. La presencia de biofilms en los sistemas de distribución de agua lleva asociada numerosos aspectos negativos. Los problemas asociados al desarrollo de biofilms en los sistemas de distribución son: Riesgo sanitario, Deterioro estético del agua, Proliferación de organismos superiores, Problemas operacionales, Consumo de desinfectante, Biocorrosión

3.1.2. Caracterización de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

De acuerdo a los resultados obtenidos; los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua son las siguientes:

Ensayo fisicoquímico:

Tabla 6

Cloro Residual - PTAP

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Cloro residual Mg/ml
Agua de consumo	Salida de PTAP	1,3
Agua de consumo	Salida de Reservorio	1,0

Fuente: EPS Moyobamba

Tabla 7

Cloro Residual – Sistema de distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Cloro residual Mg/ml
Agua de consumo	Grifo domiciliario - M1	0,0
Agua de consumo	Grifo domiciliario - M2	0,0
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M1	1,0
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M2	0,5

La desinfección de los sistemas de abastecimientos de agua potable constituye una barrera importante contra las enfermedades de transmisión hídrica. El cloro deja un residuo desinfectante que contribuye a prevenir la nueva contaminación durante la distribución, el transporte y el almacenamiento del agua en el hogar. En ciertas

circunstancias, la ausencia de cloro residual en el sistema de distribución puede indicar la posibilidad de una contaminación posterior al tratamiento.

De acuerdo con el Reglamento de Calidad de Agua de Consumo Humano las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0,5 mgL⁻¹ de cloro residual libre. En la tabla 07 se puede observar que en 2 puntos de muestreo, grifo domiciliario – M1 y grifo domiciliario – M2 la cantidad de cloro residual es de 0,0 Mg/ml.

Tabla 8

pH - PTAP

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	pH
Agua de consumo	Salida de PTAP	7,80
Agua de consumo	Salida de Reservorio	7,56

Fuente: EPS Moyobamba

Tabla 9

pH – Sistema de distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	pH
Agua de consumo	Grifo domiciliario - M1	7,4
Agua de consumo	Grifo domiciliario - M2	7,3
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M1	7,6
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M2	7,4

Es importante medir el pH al mismo tiempo que el cloro residual ya que la eficacia de la desinfección con cloro depende en alto grado del pH: cuando el pH pasa de 8,0, la desinfección es menos eficaz. De acuerdo con el Reglamento de Calidad de Agua de Consumo Humano el límite máximo permisible del valor de pH es de 6,5 a 8,5. En la tabla 09 se observa que el valor de pH que contiene el agua en los puntos de muestreo está dentro de los LMP.

Tabla 10

Turbiedad - PTAP

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Turbiedad UNT
Agua de consumo	Salida de PTAP	1,21
Agua de consumo	Salida de Reservorio	2,80

Fuente: EPS Moyobamba

Tabla 11

Turbiedad - Sistema de distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Turbiedad UNT
Agua de consumo	Grifo domiciliario - M1	4,61
Agua de consumo	Grifo domiciliario - M2	13,99
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M1	3,71
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M2	7,57

La turbiedad es importante porque influye tanto en la aceptabilidad del agua para los consumidores como en la selección y la eficiencia de los procesos de tratamiento, en particular la eficiencia de la desinfección con cloro puesto que ejerce una demanda de cloro y protege a los microorganismos, además de que puede estimular el desarrollo de bacterias. Este parámetro se ve influenciado negativamente, es decir que aumenta su valor, en función de la presencia de los sólidos en suspensión. Estos pueden ser de origen vegetal o mineral y siempre dependerá de la fuente desde donde se obtenga el recurso a potabilizar. Eliminar la turbiedad del agua destinada para consumo humano es de suma importancia para asegurar que no tendrá efectos negativos en quien la consume o utilice. Además, es necesario removerla antes del tratamiento de desinfección, ya que altos niveles de turbiedad disminuyen los efectos del cloro como desinfectante, y puede aumentar el crecimiento de los microorganismos, necesitando finalmente una elevada cantidad de cloro para lograr la desinfección, lo que termina siendo igualmente perjudicial para la salud.

Los límites máximos permisibles de turbiedad según el Reglamento de Calidad de Agua de Consumo Humano es de 5 UNT (unidad nefelométrica de turbiedad). En la tabla 11 también se observa que en 2 puntos de muestreo, grifo domiciliario - M2 y red pública – Caja medidor M2 sus valores de turbiedad son de 13,99 UNT y 7,57 UNT sobrepasando el valor de los límites máximos permisibles.

Tabla 12

Bacterias heterotróficas - PTAP

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Bacterias heterotróficas (UFC/mL)
Agua de consumo	Salida de PTAP	0
Agua de consumo	Salida de Reservorio	0

Fuente: EPS Moyobamba

Tabla 13

Bacterias heterotróficas - Sistema de distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Bacterias heterotróficas (UFC/mL)
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M1	1,9 x 10
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M2	<1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M1	<1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M2	<1

La presencia de bacterias heterótrofas en el agua puede ser un indicador útil de cambios como el aumento del potencial de proliferación microbiana, aumento de la formación de biopelículas, aumento de los tiempos de retención o estancamiento e interrupción de la integridad del sistema. La abundancia de bacterias heterótrofas presentes en un sistema de abastecimiento puede reflejar la presencia de grandes superficies de contacto en el sistema de tratamiento, como filtros en línea, y puede no ser un indicador directo del estado del sistema de distribución en su conjunto.

Los límites máximos permisibles para las bacterias heterotróficas es de 500 UFC/mL a 35°C. Según la tabla 13 los resultados del laboratorio de la muestra de Grifo domiciliario – M1 en bacterias heterotróficas tiene un valor de 1.9 x 10 UFC/mL.

Tabla 14

Coliformes totales - PTAP

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Coliformes totales 35° (NMP/100mL)
Agua de consumo	Salida de PTAP	0
Agua de consumo	Salida de Reservorio	0

Fuente: EPS Moyobamba

Tabla 15

Coliformes totales - Sistema de distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Coliformes totales 35° (NMP/100mL)
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M1	1,1
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M2	<1,1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M1	<1,1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M2	<1,1

Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una reproliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas. Según la tabla 15 los resultados del laboratorio de la muestra Grifo domiciliario – M1 en coliformes totales tiene un valor de 1,1 NMP/100 mL siendo el valor normal <1,1 NMP/100 mL.

Tabla 16

Coliformes Termotolerantes - PTAP

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Coliformes Termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)
Agua de consumo	Salida de PTAP	0
Agua de consumo	Salida de Reservorio	0

Fuente: EPS Moyobamba

Tabla 17

Coliformes Termotolerantes - Sistema de distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Coliformes Termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M1	<1,1
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M2	<1,1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M1	<1,1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M2	<1,1

La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Algunos géneros son autóctonos de aguas con residuos vegetales, como hojas en descomposición. También pueden reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua potable, según los datos obtenidos la muestra de agua cumple con este parámetro de calidad teniendo un valor en el sistema de distribución de <1,1 a 44.5°C (NMP/100 mL)

Tabla 18

E. Coli 44.5°- PTAP

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	<i>E. Coli</i> 44.5°C (NMP/100 mL)
Agua de consumo	Salida de PTAP	0
Agua de consumo	Salida de Reservorio	0

Fuente: EPS Moyobamba

Tabla 19

E. Coli 44.5°- Sistema de distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	<i>E. Coli 44.5° C</i> (NMP/100 mL)
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M1	<1,1
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M2	<1,1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M1	<1,1
Agua de consumo	Red pública - Caja medidor M2	<1,1

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*. Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado; Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos.

Los resultados del laboratorio nos indican que las muestras de agua si cumplen con los límites máximos permisibles de Coliformes Termotolerantes y *E. Coli* con un valor <1,1 NMP/100 mL

Tabla 20*Ensayo parasitológico - Sistema de distribución*

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Huevos y larvas Helminetos, quistes y coquistes de protozoarios patógenos
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M1	Ausencia

Agua de consumo	Grifo domiciliario – M2	Ausencia
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M1	Ausencia
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M2	Ausencia

Tabla 21

Organismos de vida libre – Sistema de Distribución

MATRÍZ	PUNTO DE MUESTREO	Organismo de vida libre: Algas, protozoarios, copéodo, rotífero, nematodos en todos sus estadios larvarios
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M1	Presencia de algas
Agua de consumo	Grifo domiciliario – M2	Presencia de algas
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M1	Ausencia
Agua de consumo	Red pública – Caja medidor M2	Presencia de algas

Toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de: Huevos y larvas Helminths, quistes y coquistes de protozoarios patógenos; Organismo de vida libre: Algas, protozoarios, copéodo, rotífero, nematodos en todos sus estadios larvarios.

La presencia de los organismos de vida libre en condiciones normales es beneficiosa para las aguas superficiales; su presencia se convierte en un problema cuando su concentración y su composición alteran la calidad del agua y se presentan dificultades para el uso y tratamiento de esta.

La supervivencia de los microorganismos propios de las aguas superficiales está influenciada por múltiples factores tales como la temperatura, las horas-luz y la intensidad de la luz, la presencia de gases como el gas carbónico, los minerales, el pH, los nutrientes, elementos tóxicos como los metales, etcétera. Precisamente la contaminación del agua y los cambios ambientales alteran el ecosistema y, como consecuencia, la calidad del agua, lo cual ocasiona dificultades para sus diferentes usos.

El exceso de algas verdes (Chlorophytas) puede ser la causa de alteraciones en el color; el agua toma un color verde y puede presentar olor y sabor desagradables según las especies de algas predominantes. En la tabla 21 los resultados del laboratorio de las muestras de agua nos indican la presencia de algas en 3 puntos de muestreo Grifo domiciliario – M1, Grifo domiciliario – M2 y Red pública – Caja medidor M2.

3.1.3. Presencia de biopelículas en el sistema de distribución de agua potable del barrio de calvario de la ciudad de Moyobamba.

Tabla 22

Presencia de flemas o gomas en caños y tuberías

ÍTEM 6	N°	%
¿En alguna oportunidad, en sus caños o tuberías ha encontrado flemas o gomas al pasar el dedo?	Personas encuestadas	
Si	44	55
No	36	45
Total	80	100

En la Tabla 22, se tiene como resultado que, el 55% de personas encuestadas respondieron que si encontraron en sus caños y tuberías flemas o gomas al pasar el dedo y el otro 45% respondieron que no.

La formación de biopelículas está dada por el ingreso de microorganismos a la red, los cuales se adhieren a las tuberías formando una matriz microbiana que se alimenta de nutrientes del agua y de la tubería, que a su vez absorbe compuestos inorgánicos. Dentro de esta matriz se dan procesos de reproducción y desprendimiento que conllevan a la formación de nuevas comunidades en otros puntos de la red.

El desprendimiento de las biopelículas produce cambios en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, que pueden afectar la salud de la población. Estos desprendimientos son expulsados muchas veces cuando se abre el caño y el agua sale con presión, también se puede presenciar estas flemas o gomas cuando pasamos el dedo en el caño o tubería de la red de distribución y conexiones domiciliarias.

Tabla 23

Composición de las flemas o gomas

ÍTEM 7 ¿Qué cree usted que contiene esta flema o gomosidad?	N° Personas encuestadas	%
Microorganismos	29	36
Algas	33	41
Sustancias químicas	10	13
Componentes de desinfectantes	8	10
Total	80	100

En la tabla 23, se tiene como resultado que, el 41% de las personas encuestadas respondieron que las flemas o gomas presentes en los caños o tuberías se debía a la presencia de algas, otro 36% respondieron que se trataría de la presencia de microorganismos, un 13% en sustancias químicas y por último un 10% dijo que son componentes de desinfectantes.

Las biopelículas son organizaciones de microorganismos que se asocian entre sí y con la pared de las tuberías por medio de una sustancia que ellos mismos segregan. El desprendimiento de las biopelículas produce cambios en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, que pueden afectar la salud de la población.

La presencia de algas también genera cambios ya que estas al desprenderse causan cambio en el color del agua y presencia de mucosidad.

Tabla 24

Frecuencia con la que el agua del caño llega con partículas o turbia

ÍTEM 8 ¿Con que frecuencia observa usted que el agua del caño viene con partículas o turbia?	N° Personas encuestadas	%
Siempre	4	5

Regularmente	45	56
Pocas veces	26	33
Nunca	5	6
Total	80	100

En la tabla 24, se tiene como resultado que, el 56% de personas encuestadas respondieron que regularmente el agua del caño viene con partículas o turbia, el 33% pocas veces, el 6% nunca y un 5% siempre.

Moyobamba por ser zona tropical está expuesta a lluvias torrenciales por lo que al momento de tratar el agua, eliminar la turbidez por completo es casi imposible.

Eliminar la turbiedad del agua destinada para consumo humano es de suma importancia para asegurar que no tendrá efectos negativos en quien la consume o utilice. Además, es necesario removerla antes del tratamiento de desinfección, ya que altos niveles de turbiedad disminuyen los efectos del cloro como desinfectante, y puede aumentar el crecimiento de los microorganismos.

Tabla 25

Instalación de conexiones domiciliarias en las viviendas

ÍTEM 9 ¿Hace cuantos años aproximadamente realizo en su vivienda la instalación de sus conexiones domiciliarias?	N° Personas encuestadas	%
---	--------------------------------	----------

Hace 3 años	8	10
Hace 5 años	22	27
Hace 10 años	27	34
Hace más de 10 años	23	29
Total	80	100

En la tabla 25, tenemos como resultado que, el 34% de las personas encuestadas respondieron que hace aproximadamente 10 años realizaron en su vivienda la instalación de sus conexiones domiciliarias, el 29% hace más de 10 años, 27% hace 5 años y un 10% hace 3 años.

La formación de biopelículas en las tuberías de las redes de distribución y conexiones domiciliarias de agua post tratamiento de potabilización, es debido al tiempo de antigüedad y al tipo de material que es utilizado, como el PVC, en el cual al deteriorarse genera ralladuras, el cual se convierte en un hábitat de condiciones apropiadas para el crecimiento de microorganismos con capacidades de adherirse a las paredes de los tubos, formando biopelículas que enturbian el agua y generan cambios físicos, químicos y microbiológicos, que en algunos casos éstos últimos producen problemas gastrointestinales y de la piel.

Tabla 26

Causa de la contaminación de las tuberías de agua potable

ÍTEM 10	N° Personas encuestadas	%
¿Cuál cree usted es la causa por la cual se contaminan las tuberías de agua potable?		

Por rajaduras de las tuberías	13	16
Por deficiente tratamiento del agua	34	42
Por acción de las lluvias	31	39
Por roturas de las tuberías de desagüe	2	3
Total	80	100

En la tabla 26, tenemos como resultado que, el 42% de las personas encuestadas respondieron que la causa por la cual se contaminan las tuberías de agua potable es por el deficiente tratamiento del agua, el 39% por acción de las lluvias, otro 16% por rajaduras en las tuberías y un 3% por roturas de las tuberías de desagüe.

Teniendo en cuenta que el proceso de desinfección realizado en las PTAP no remueve la totalidad de microorganismos presentes en el agua, es posible que exista la formación de comunidades bacterianas sobre las superficies de las tuberías, dada por diferentes procesos de intercambio de electrones, promoviendo adhesión e incrustamiento de diversos microorganismos en estas (Geldreich, 1990).

En este sentido, comunidades microbianas a través de ciertas estructuras que poseen, forman las denominadas biopelículas, cuya formación es potenciada por procesos de operación en la red, como la pérdida de presión, infiltraciones y cambios en la calidad de la fuente por condiciones meteorológicas, los cuales generan ambientes óptimos para el crecimiento de los microorganismos.

3.2. Discusión de resultados.

- ✓ Las técnicas de potabilización de agua actuales logran eliminar la mayor parte de bacterias presentes, sin embargo, no consiguen eliminar su totalidad. Algunos de los medios que tienen estos organismos para superar estas técnicas incluyen su asociación a partículas de turbiedad que logren pasar la barrera de la filtración en la

planta de tratamiento (Gelvés, 2005). Los resultados obtenidos en el laboratorio nos indican que en 2 puntos de muestreo se superó el límite máximo permisible de turbiedad (5 UNT); Grifo domiciliario M-2 con 13.99 UNT y Red pública – caja medidor M2 con 7.57 UNT, estos resultados están asociados a su vez al ensayo parasitológico y organismos de vida libre donde se encuentra la presencia de algas en estos 2 puntos de muestreo.

- ✓ Las condiciones que influirán en el crecimiento de las biopelículas, incluyen factores tales como el desinfectante utilizado y el mantenimiento de la concentración residual en el sistema, la resistencia de los microorganismos a los desinfectantes, la naturaleza y concentración de componentes biodegradables en el tratamiento del agua, el tipo de material usado en las tuberías, así como la temperatura del agua (Momba y col., 2000); otros factores que influyen son la antigüedad de la tubería, pérdida de presión, infiltraciones y cambios en la calidad de la fuente por condiciones meteorológicas. De acuerdo a los ensayos realizados, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empiezan a variar después del tratamiento en la PTAP tal como se muestran en los resultados.
- ✓ El Reglamento de la calidad del agua para consumo nos dice que Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales y/o coliformes termotolerantes, el proveedor investigará inmediatamente las causas para adoptar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre. Del ensayo fisicoquímico realizado, en 2 puntos de muestreo: grifo domiciliario M-1 y grifo domiciliario M-2 el cloro residual encontrado fue de 0.0 Mg/ml. Mientras que en los puntos de muestreo Red pública M-1 y Red pública M-2 los resultados fueron 1.0 Mg/ml y 0.5 Mg/ml respectivamente.
- ✓ Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I del Reglamento de la calidad del agua para consumo, debe estar exenta de:
Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*, Virus; Huevos y larvas de helmintos, quistes y coquistes de protozoarios patógenos; Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C. En el análisis bacteriológico en el Grifo domiciliario – M1 se encontraron

bacterias heterotróficas en un valor de 1.9×10 (UFC/mL); en el análisis parasitológico y organismos de vida libre se encontró la presencia de algas en 3 puntos de muestreo: Grifo domiciliario – M1, Grifo domiciliario – M2 y Red pública – Caja medidor M2.

CONCLUSIONES

- ✓ Las biopelículas en el sistema de distribución de agua potable influyen en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba; Esto se debería al recorrido que hace el agua a través de las tuberías; ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, y en comparación con los resultados de la salida de agua de la PTAP los Límites Máximos Permisibles de parámetros de calidad de agua en algunos puntos de muestreo varían, muchos de ellos no cumpliendo con la normativa.
- ✓ De acuerdo con el Reglamento de Calidad de Agua de Consumo Humano los siguientes resultados no cumplen con esta normativa: en el análisis fisicoquímico el Grifo

domiciliario – M1 y Grifo domiciliario – M2 el cloro residual es de 0.0 Mg/ml; La turbiedad en el Grifo domiciliario – M2 es de 13.99 UNT y en la Red pública – Caja medidor M2 es de 7.57 UNT; en el análisis bacteriológico en el Grifo domiciliario – M1 se encontraron bacterias heterotróficas en un valor de 1.9×10 (UFC/mL); en el análisis parasitológico y organismos de vida libre se encontró la presencia de algas en 3 puntos de muestreo: Grifo domiciliario – M1, Grifo domiciliario – M2 y Red pública – Caja medidor M2.

- ✓ El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. De los resultados obtenidos en laboratorio se tiene que en una muestra de agua se encontraron bacterias heterotróficas en un valor de 1.9×10 (UFC/mL) y en el análisis parasitológico y organismos de vida libre se encontró la presencia de algas en 3 puntos de muestreo; por tanto los riesgos sanitarios a los que están expuestos la población del Barrio de Calvario son las enfermedades infecciosas, parasitarias gastrointestinales y dermatológicas.

RECOMENDACIONES

- ✓ A las autoridades competentes realizar campañas de sensibilización y educación sanitaria dando a conocer a población de los riesgos sanitarios a los que están expuestos por el consumo de agua cruda.
- ✓ A los estudiantes de ingeniería sanitaria e ingeniería ambiental realizar trabajos investigaciones en calidad de agua.
- ✓ A la Universidad Nacional de San Martín implementar el laboratorio con materiales, equipos e insumos para realizar los estudios y análisis necesarios para nuestros proyectos de investigación.

- ✓ A la Empresa Prestadora de Servicios EPS Moyobamba realizar de manera continua, monitoreo y mantenimiento a todo el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Moyobamba y evitar así la formación de biopelículas; a su vez buscar alternativas para utilizar tuberías de materiales que son menos propensos a la formación de biopelículas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batte, M., Appenzeller, B. M. R., Grandjean, D., Fass, S., Gauthier, V., Jorand, F., ... Block, J. C. (2003). Biofilms in drinking water distribution systems. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2, 147–168.
- Branda SS, Chu F, Kearns DB, Losick R, Kolter R 2006. A major protein component of the *Bacillus subtilis* biofilm matrix. *Mol Microbiol* 59:1229–1238
- Codony, F., Miranda, A. M., & Mas, J. (2003). Persistence and proliferation of some unicellular algae in drinking water systems as result of their heterotrophic metabolism. *Water SA*, 29(1), 113–116.

- Christensen GD, Simpson WA, Anglen JO, Gainor BJ. (2000) Methods for evaluating attached bacterial and biofilms an overview. In: Handbook of Bacterial Adhesion: Principles, Methods, and Applications. An YH, Friedman RJ, Eds. Humana Press Inc. 213-23
- De Victorica Almeida, J. L. (2005) Formación de biopelículas y su impacto en los sistemas de conducción de agua. Recuperado del sitio de internet de Instituto de Ingeniería.
- Díaz Amanca, Erika (2010) Condición bacteriológica del agua en la fuente y en la red de distribución de la clinica odontológica de la UCSM, Arequipa 2010”. Tesis de post grado
- Díaz, Carolina (2011) Adherencia y colonización de *Pseudomonas fluorescens* sobre sustratos sólidos: influencia de la topografía y composición química de la superficie. Tesis de doctorado
- Rodney M. Donlan and J. William Costerton (2002). Survival Mechanisms of Clinically Relevant Microorganisms.
- Environment Agency, UK (1998). Standing Committee of Analysts, The assessment of taste, odour and related aesthetic problems in drinking waters, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials.
- EPA (2002). Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos - Informe Nacional de Inventario de Calidad del Agua.
- Faleiro Naves, Plinio Lázaro (2009). Formación de Biopelículas por “*Escherichia Coli* y su Correlación con Factores de Virulencia. Tesis Doctoral.
- Flemming, H. C., Percival, S. L., & Walker, J. T. (2002). Contamination potential of biofilms in water distribution systems. In *Water Science and Technology: Water Supply* (Vol. 2, pp. 271–280).
- Geldreich, E. (1990). Microbial quality control in distribution systems. [ed.] McGraw-Hil. Cuarta. New York: American Water Works Association.
- Geldreich, E.E. Le Chevallier, M. 2000. Microbiological quality control in distribution systems., *Water Quality and Treatment* . AWWA.

- Gómez Valencia, Carmen (2016). Presencia de biopelículas en la calidad del agua potable del AA. HH. El Carmen – Huaura. Tesis post grado
- Heitz, A., Kagi, R. I., & Alexander, R. (2000). Polysulfide sulfur in pipewall biofilms: Its role in the formation of swampy odour in distribution systems. In *Water Science and Technology* (Vol. 41, pp. 271–278).
- Knobeldorf J. & Mujeriego R. (1997). Crecimiento Bacteriano en las Redes de Distribución de Agua Potable: Una Revisión Bibliográfica. *Ingeniería del Agua*.
- Lindsay & Von Holy A. (2006). Bacterial biofilms within the clinical setting: what healthcare professionals should know.
- Momba, M. N. B., & Makala, N. (2004). Comparing the effect of various pipe materials on biofilm formation in chlorinated and combined chlorine-chloraminated water systems. *Water SA*, 30(2), 175–182.
- Nieto, L. & Saldarriaga, J.G. (2009) Eventos de coloración del agua potable como consecuencia del desprendimiento de biopelículas: el caso de Bogotá D.C. Universidad de los Andes.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) 2006– Guía para la calidad de agua potable.
- Piera, G. (2002) Estudio del biofilm: formación y consecuencias. Escola de Prevenci i Seguretat Integral.
- Pettit, R.K., Weber, C.A., Kean, M.J., Hoffmann, H., Pettit, G.R., Tan, R., Franks, K.S., Horton, M.L., (2005). Microplate alamar blue assay for *Staphylococcus epidermidis* biofilm susceptibility testing. *Antimicrob. Agents Chemother.* 49, 2612–2617
- Pitts, B., Hamilton, M.A., Zilver, N., Stewart, P.S., (2003). A microtiter-platescreening method for biofilm disinfection and removal. *J. Microbiol. Methods* 54, 269–276
- Ramos Martínez, E. (2012) Evaluación del desarrollo de biofilms en los sistemas de distribución de agua potable mediante la extracción de conocimiento a través de los datos (knowledge discovery in databases - KDD)

Pino Gotuzzo, Raúl (2007) Metodología de la investigación científica. [ed.] primera (pg. 358-359)

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano - DS N° 031-2010 Sa.

Sitio web: <http://calidadentanquesdeagua.blogspot.pe/>

ANEXOS

Anexo A: Cuestionario de encuesta

ENCUESTA

Datos

Sector:

Dirección:

Nº de personas que viven en la casa:

Preguntas:

1. ¿Usted o algún miembro de su familia se ha enfermado durante el último año de infecciones estomacales o diarreas?:

Sí () No ()

2. ¿Para usted, quiénes son los más propensos en su familia de contraer infecciones estomacales o diarreas?:
- a) Los niños
 - b) Ancianos
 - c) Gestantes
 - d) Todos
3. ¿Para usted cuál cree fue la causa de haberse enfermado?
- a) Consumo de alimentos
 - b) Consumo de agua cruda
 - c) Por acción de la contaminación del aire
 - d) Por la mala disposición de la basura
4. ¿Conoce usted que enfermedades pueden ser transmitidas por el consumo de agua cruda?
Sí () No (), si es sí, mencione cuales:
- a..... b..... c.....
d..... e..... f.....
5. ¿Cree usted que el agua potable que llega a sus caños está completamente apta para su consumo? Sí () No (), porque:
-
.....
6. ¿En alguna oportunidad, en sus caños o tuberías ha encontrado flemas o gomas al pasar el dedo?
- Sí () No ()
7. ¿Qué cree usted que contiene esta flema o gomosidad?
- a) Microorganismos
 - b) Algas
 - c) Sustancias químicas
 - d) Componentes de desinfectantes
8. ¿Con que frecuencia observa usted que el agua del caño viene con partículas o turbia?

- a) Siempre
 - b) Regularmente
 - c) Pocas veces
 - d) Nunca
9. ¿Hace cuantos años aproximadamente realizo en su vivienda la instalación de sus conexiones domiciliarias?
- a) Hace 3 años
 - b) Hace 5 años
 - c) Hace 10 años
 - d) Hace más de 10 años
10. ¿Cuál cree usted es la causa por la cual se contaminan las tuberías de agua potable?
- a) Por rajaduras de las tuberías
 - b) Por deficiente tratamiento del agua
 - c) Por acción de las lluvias
 - d) Por rotura de redes de alcantarillado (desagüe)

Anexo 1A: Resultados de encuesta

RESULTADOS ENCUESTA	
Se realizaron un total de 80 encuestas en todo el barrio de Calvario, teniendo como resultado los siguientes datos:	
1. ¿Usted o algún miembro de su familia se ha enfermado durante el último año de infecciones estomacales o diarreas?:	
Si:	57
No:	23
TOTAL:	80

2. ¿Para usted, quiénes son los más propensos en su familia de contraer infecciones estomacales o diarreas?:

a) Niños:	41
b) Ancianos:	9
c) Gestantes:	6
d) Todos:	24

TOTAL: 80

3. ¿Para usted cuál cree fue la causa de haberse enfermado?

a) Consumo de alimentos:	32
b) Consumo de agua cruda:	41
c) Por acción de la contaminación del aire:	2
d) Por la mala disposición de la basura:	5

TOTAL: 80

4. ¿Conoce usted que enfermedades pueden ser transmitidas por el consumo de agua cruda?

Si:	59
No:	21

TOTAL: 80

5. ¿Cree usted que el agua potable que llega a sus caños está completamente apta para su consumo? Sí () No (),

Si:	59
No:	21

TOTAL: 80

6. ¿En alguna oportunidad, en sus caños o tuberías ha encontrado flemas o gomas al pasar el dedo?

Si:	44
No:	36
TOTAL:	80

7.¿Qué cree usted que contiene esta flema o gomosidad?

a)Microorganismos:	29
b)Algas:	33
c)Sustancias químicas:	10
d)Componentes de desinfectantes:	8
TOTAL:	80

8.¿Con que frecuencia observa usted que el agua del caño viene con partículas o turbia?

a)Siempre:	4
b)Regularmente:	45
c)Pocas veces:	26
d)Nunca:	5
TOTAL:	80

9.¿Hace cuantos años aproximadamente realizo en su vivienda la instalación de sus conexiones domiciliarias?

a)Hace 3 años:	8
b)Hace 5 años:	22
c)Hace 10 años:	27
d)Hace más de 10 años:	23
TOTAL:	80

10.¿Cuál cree usted es la causa por la cual se contaminan las tuberías de agua potable?

a)Por rajaduras en las tuberías:	13
b)Por deficiente tratamiento del agua:	34
c)Por acción de las lluvias:	31
d)Por roturas de las tuberías de desagüe:	2
TOTAL:	80

Anexo B: Informe de opinión respecto a instrumento de investigación

Anexo 1B: Primer informe de opinión respecto a instrumento de investigación

INFORME DE OPINIÓN RESPECTO A INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Apellidos y nombres del experto : Ing. Samuel López Chávez
Institución donde labora : Empresa Prestadora de Servicios – EPS MOYOBAMBA
Instrumento motivo de evaluación : Cuestionario de encuesta correspondiente al proyecto de tesis: "Biopelículas en el sistema de distribución de agua potable y su influencia en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba – 2017".
Autor del instrumento : Dayce Katty Gonzáles Bardález

Muy deficiente (1) Deficiente (2) Aceptable (3) Buena (4) Excelente (5)

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, es decir libre de ambigüedades.					X
OBJETIVIDAD	Los ítems del instrumento permitirán mensurar las variables de estudio en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico y legal inherente a la necesidad de la formulación del ingeniero sanitario.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento traducen organicidad lógica en concordancia con la definición de las variables, de manera que permitan hacer abstracciones e inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento expresan suficiencia en cantidad y calidad en la redacción.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para el examen de contenido y mensuración de las evidencias inherentes a la necesidad de la formación del ingeniero sanitario.				X	
CONSISTENCIA	La información que se obtendrá, mediante los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan coherencia entre las variables.					X
METODOLOGÍA	Los procedimientos insertados en el instrumento responden al propósito de la investigación.					X
PERTINENCIA	El instrumento responde al momento oportuno o más adecuado.				X	
	SUB TOTAL				16	30
	TOTAL					46

OPINIÓN DE APLICACIÓN: el instrumento de investigación, materia de revisión, evidencia una buena sistematicidad en los diferentes criterios y coherencia de cada uno de los ítems con la variable de estudio y sus respectivas dimensiones; por tanto, tiene validez de contenido y es aplicable a los sujetos muestrales.

PROMEDIO DE VALORIZACIÓN: 4.6

ING. QUÍMICOS SERVICIOS GENERALES S.R.L.

Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140874
 TITULAR GERENTE

Moyobamba, 07 de mayo del 2018

Anexo 2B: Segundo informe de opinión respecto a instrumento de investigación

INFORME DE OPINIÓN RESPECTO A INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Apellidos y nombres del experto : Ing. M. Sc Mirtha Felicita Valverde Vera
Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín
Instrumento motivo de evaluación : Cuestionario de encuesta correspondiente al proyecto de tesis: "Biopelículas en el sistema de distribución de agua potable y su influencia en la calidad de agua que consume la población del barrio de Calvario de la ciudad de Moyobamba – 2017".
Autor del instrumento : Dayce Katty Gonzáles Bardález

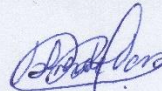
Muy deficiente (1) deficiente (2) aceptable (3) buena (4) excelente (5)

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, es decir libre de ambigüedades.					X
OBJETIVIDAD	Los ítems del instrumento permitirán mensurar las variables de estudio en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico y legal inherente a la necesidad de la formulación del ingeniero sanitario.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento traducen organicidad lógica en concordancia con la definición de las variables, de manera que permitan hacer abstracciones e inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento expresan suficiencia en cantidad y calidad en la redacción.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para el examen de contenido y mensuración de las evidencias inherentes a la necesidad de la formación del ingeniero sanitario.					X
CONSISTENCIA	La información que se obtendrá, mediante los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan coherencia entre las variables.					X
METODOLOGÍA	Los procedimientos insertados en el instrumento responden al propósito de la investigación.					X
PERTINENCIA	El instrumento responde al momento oportuno o más adecuado.					X
	SUB TOTAL				16	30
	TOTAL					46

OPINIÓN DE APLICACIÓN: el instrumento de investigación, materia de revisión, evidencia una buena sistematicidad en los diferentes criterios y coherencia de cada uno de los ítems con la variable de estudio y sus respectivas dimensiones; por tanto, tiene validez de contenido y es aplicable a los sujetos muestrales.

PROMEDIO DE VALORIZACIÓN: 4.6




Moyobamba, 07 de mayo del 2018

Anexo C: Formatos físicos de los resultados del laboratorio del laboratorio referencial regional de salud pública de San Martín.

Anexo 1C: Resultado de laboratorio – Grifo domiciliario M1


DIRECCION REGIONAL DE SALUD



LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA DE SAN MARTÍN

Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional

INFORME DE ENSAYO N° 111 – UMAA – PI/2018



SOLICITANTE: DAYCE KATTY GONZALES BARDALES					
DIRECCIÓN: Prolong. Grau N° 116- Moyobamba					
Investigación: Determinación de Biopelículas en Redes de agua Potable					

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Moyobamba / San Martín
 Fecha y hora inicio de muestreo : 17.05.17 / 6:15 am
 Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción : 17.05.18
 Fecha inicio Ensayo : 18.05.18

RESULTADOS

1. FISICOQUIMICO

COD. LAB	MUESTRA		ENSAYO FISICOQUIMICO		
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Cloro residual Mg/ml	pH	Turbiedad UNT
158	Agua de consumo	Grifo domiciliario – M1	0.0	7.4	4.61
METODO			DPD N° 1	Potenciometro	Nefelométrico

2. BACTERIOLÓGICO

COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLÓGICO			
	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Bacterias heterotróficas (UFC / mL)	Coliformes totales 35°C (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	E. coli 44.5°C (NMP/100 mL)
158	Agua de consumo	Grifo domiciliario-M1	1.9 x 10	1.1	<1.1	<1.1
VALORES NORMALES			500 UFC/mL	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
METODOS DE ENSAYO			APHA. AWWA. WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.	APHA. AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005	APHA. AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005	APHA. AWWA. WEF. Part 9221 B,E y 9221 F1. 21th Ed. 2005.


Nota: <1.1, es el límite inferior de detección del método, se interpreta como ausencia.

3. PARASITOLÓGICO Y ORGANISMOS DE VIDA LIBRE


COD LAB	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Huevos y larvas Helminthos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos (presencia / ausencia)	Organismos de vida libre: Algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios larvarios (presencia / ausencia)
158	Agua de consumo	Grifo domiciliario- M1	Ausencia	Presencia de algas
METODO			DIGESA-AG-PE-01, Basado en SMEWW APHA, AWWA, WEF. Part. 9711B2 b.3). 21st Edition 2006	DIGESA-AG PE 01, Basado en SMEWW APHA, AWWA, WEF. Part. 9711B2 b.3). 21st Edition 2006

Referencia: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA.

Fecha de Emisión: 24 de mayo del 2018




Biga. Msp. Della E. Partella Melgarejo
RES. ÁREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA



Mblgo. MSc. Heriberto Arévalo Ramirez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Anexo 2C: Resultado de laboratorio – Grifo domiciliario M2


DIRECCION REGIONAL DE SALUD



LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA DE SAN MARTIN

Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional

INFORME DE ENSAYO N° 112 – UMAA – PI/2018



SOLICITANTE: DAYCE KATTY GONZALES BARDALES					
DIRECCIÓN: Prolong. Grau N° 116- Moyobamba					
Investigación: Determinación de Biopelículas en Redes de Agua Potable					

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Moyobamba / San Martín
Fecha y hora inicio de muestreo : 17.05.17 / 7:02 am
Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción : 17.05.18
Fecha inicio Ensayo : 18.05.18

RESULTADOS

1. FISICOQUIMICO

COD. LAB	MUESTRA		ENSAYO FISICOQUIMICO		
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Cloro residual Mg/ml	pH	Turbiedad UNT
159	Agua de consumo	Grifo Domiciliario - M2	0.0	7.3	13.99
METODO			DPD N° 1	Potenciómetro	Nefelométrico

2. BACTERIOLÓGICO

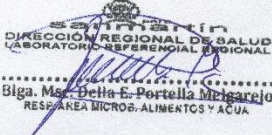
COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLÓGICO			
	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Bacterias heterotróficas (UFC / mL)	Coliformes totales 35°C (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	E. coli (NMP/100 mL)
159	Agua de consumo	Grifo domiciliario - M2	< 1	<1.1	<1.1	<1.1
VALORES NORMALES			500 UFC/mL	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
METODOS DE ENSAYO			APHA. AWWA. WEF. Part. 9215 B. 21th Ed. 2005.	APHA. AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005	APHA. AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005	APHA. AWWA. WEF. Part. 9221 B. E y 9221 F1. 21th Ed. 2005.
Nota: <1.1, es el límite inferior de detección del método, se interpreta como ausencia.						

3. PARASITOLÓGICO Y ORGANISMOS DE VIDA LIBRE

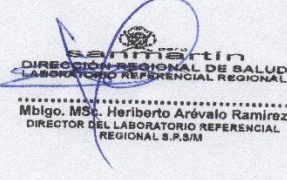
COD LAB	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Huevos y larvas Helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos (presencia / ausencia)	Organismos de vida libre: Algas, protozoarios, copépodos , rotíferos, nematodos en todos sus estadios larvarios (presencia / ausencia)
159	Agua de consumo	Grifo domiciliario - M2	Ausencia	Presencia de algas
METODO			DIGESA-AG-PE-01. Basado en SMEWW APHA. AWWA. WEF. Part. 9711B2 b.3). 21st Edition 2006	DIGESA-AG-PE-01. Basado en SMEWW APHA. AWWA. WEF. Part. 9711B2 b.3). 21st Edition 2006

Referencia: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano° DS N° 031-2010-SA.

Fecha de Emisión: 24 de mayo del 2018




Biga. Msc. DeHa E. Portella Melgarejo
RESP. AREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA



Mbiga. MSc. Heriberto Arévalo Ramirez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Anexo 3C: Resultado de laboratorio – Red pública/Caja medidor M1




San Martín
Inklusiva y solidaria
GOBIERNO REGIONAL

DIRECCION REGIONAL DE SALUD

**LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE
SALUD PÚBLICA DE SAN MARTIN**

Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional

INFORME DE ENSAYO N° 113 – UMAA – P/2018



**LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE
SALUD PÚBLICA DE SAN MARTIN**

SOLICITANTE: DAYCE KATTY GONZALES BARDALES

DIRECCIÓN: Prolong. Grau N° 116- Moyobamba

Investigación: Determinación de Biopelículas en Redes de Agua Potable

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Moyobamba / San Martín

Fecha y hora inicio de muestreo : 17.05.17 / 7:30 am

Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción : 17.05.18

Fecha inicio Ensayo : 18.05.18

RESULTADOS

1. FISICOQUIMICO

COD. LAB	MUESTRA		ENSAYO FISICOQUIMICO		
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Cloro residual Mg/ml	pH	Turbiedad UNT
160	Agua de consumo	Red Pública – Caja Medidor M1	1.0	7.6	3.71
METODO			DPD N° 1	Potenciómetro	Nefelométrico

2. BACTERIOLÓGICO


COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLÓGICO			
	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Bacterias heterotróficas (UFC / mL)	Coliformes totales 35°C (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	E. coli (NMP/100 mL)
160	Agua de consumo	Red Pública – Caja Medidor M1	< 1	<1.1	<1.1	<1.1
VALORES NORMALES			500 UFC/mL	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
METODOS DE ENSAYO			APHA. AWWA. WEF. Part 9215 B 21th Ed. 2005.	APHA. AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005.	APHA. AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005.	APHA. AWWA. WEF. Part 9221 B,E y 9221 F1. 21th Ed. 2005.
Nota: <1; <1.1, es el límite inferior de detección del método, se interpreta como ausencia.						

3. PARASITOLÓGICO Y ORGANISMOS DE VIDA LIBRE

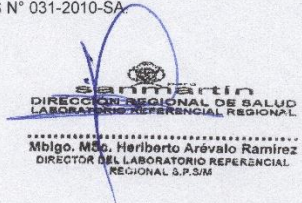
COD LAB	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Huevos y larvas Helmintos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos (presencia / ausencia)	Organismos de vida libre: Algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios larvarios (presencia / ausencia)
160	Agua de consumo	Red Pública – Caja Medidor M1	Ausencia	Ausencia
METODO			DIGESA-AG-PE-C1. Basado en SMEVW APHA, AWWA, WEF Part 9711B2 b 3), 21st Edition 2006.	DIGESA-AG-PE-01. Basado en SMEVW APHA, AWWA, WEF. Part 9711B2 b 3), 21st Edition 2006.

Referencia: "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" DS N° 031-2010-SA.

Fecha de Emisión: 24 de mayo del 2018



Bilga, Msc. Della E. Portella Melgarejo
RESP. AREA MICROALIMENTOS Y AGUA



Mblgo. MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Anexo 4C: Resultado de laboratorio – Red pública/Caja medidor M2

DIRECCION REGIONAL DE SALUD

San Martín
Inclusiva y solidaria
GOBIERNO REGIONAL

LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA DE SAN MARTIN

Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional

INFORME DE ENSAYO N° 114 – UMAA – P/2018

SOLICITANTE: DAYCE KATTY GONZALES BARDALES					
DIRECCIÓN: Prolong. Grau N° 116- Moyobamba					
Investigación: Determinación de Biopelículas en Redes de Agua Potable					

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Moyobamba / San Martín
 Fecha y hora inicio de muestreo : 17.05.17 / 7:50 am
 Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción : 17.05.18
 Fecha inicio Ensayo : 18.05.18

RESULTADOS

1. FISICOQUIMICO

COD. LAB	MUESTRA		ENSAYO FISICOQUIMICO		
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Cloro residual Mg/ml	pH	Turbiedad UNT
161	Agua de consumo	Red Pública – Caja Medidor M2	0.5	7.4	7.57
METODO			DPD N° 1	Potenciómetro	Nefelométrico

2. BACTERIOLÓGICO

COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLÓGICO			
	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Bacterias heterotróficas (UFC / mL)	Coliformes totales 35°C (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	E coli 44.5°C (NMP/100 mL)
161	Agua de consumo	Red Pública – Caja Medidor M2	< 1	<1.1	<1.1	<1.1
VALORES NORMALES			500 UFC/mL	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml	< 1.1 NMP/100 ml
METODOS DE ENSAYO			APHA, AWWA, WEF Part 9215 B, 21th Ed. 2005	APHA, AWW, WEF, Part. 9221B, 21th ed. 2005	APHA, AWW, WEF, Part. 9221E-1, 21th ed 2005	APHA, AWWA, WEF, Part 9221 B,E y 9221 F1, 21th Ed. 2005.

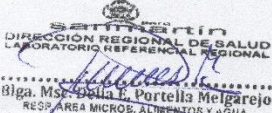
Nota: <1; <1.1, es el límite inferior de detección del método, se interpreta como ausencia.


3. PARASITOLÓGICO Y ORGANISMOS DE VIDA LIBRE

COD LAB	MATRIZ	PUNTO DE MUESTREO	Huevos y larvas Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos (presencia / ausencia)	Organismos de vida libre: Algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios larvarios (presencia / ausencia)
161	Agua de consumo	Red Pública – Caja Medidor M2	Ausencia	Presencia de algas
METODO			DIGESA-AG-PE-01, Basado en SMEWW APHA, AWWA, WEF, Part. 9711B2 b.3), 21st Edition 2006	DIGESA-AG-PE-01, Basado en SMEWW APHA, AWWA, WEF, Part. 9711B2 b.3), 21st Edition 2006

Referencia: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA.

Fecha de Emisión: 24 de mayo del 2018


 DIRECCION REGIONAL DE SALUD
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
 Bлга. MSc. Delia E. Portella Melgarejo
 RESP. AREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA


 DIRECCION REGIONAL DE SALUD
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
 Mbglo. MSc. Heriberto Arévalo Ramirez
 DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Anexo D: Panel fotográfico

Fotografía 1: Aplicación de la encuesta



Fotografía 2: Aplicación de la encuesta



Fotografía 3: Esterilización de frascos



Fotografía 4: Esterilización de frascos



Fotografía 5: Muestreo conexión domiciliaria



Fotografía 6: Muestreo conexión domiciliaria



Fotografía N°07: Muestreo red de distribución



Fotografía N°08: Muestreo red de distribución

Anexo E: Plano de ubicación del área de estudio

