

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de
consumo humano y de riego del distrito de Luricocha
de la provincia de Huanta – Ayacucho 2016 – 2017

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA

Presentado por la:

Bach. PALOMINO SIMBRON, Connie Susan

AYACUCHO – PERÚ

2017

A mis queridos padres Rodrigo y Carmen, a mis hermanos Liz, Luis y Mary Carmen, a mis tías Lidia y Norverta y familiares más cercanos con quienes compartimos alegrías y vivencias.

AGRADECIMIENTO

A mi *Alma mater*, la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, cuna del saber, por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, en especial a la Escuela Profesional de Biología y a todos los docentes que ayudaron a forjarme a lo largo de mis estudios universitarios.

Al Dr. Blgo. Saúl Alonso Chuchón Martínez, asesor del presente trabajo de investigación por sus consejos y acertados aportes teóricos – prácticos que permitieron el desarrollo de esta investigación.

A la Blga. Ruth Elsa Huamán De La Cruz, por su apoyo incondicional y por sus consejos que permitieron el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Agua	8
2.2.1 Características del agua	8
2.2.2 Clasificación del agua	9
2.2.3 Importancia del agua	10
2.2.4 Importancia del agua como medio de infección	10
2.2.5 Agua de uso poblacional	11
2.2.6 Contaminación del agua	12
2.2.7 Problemas a la salud y ambiente por la contaminación del Agua	14
2.2.8 Agua de consumo humano	15
2.2.9 Agua de riego	15
2.2.10 Calidad microbiológica	16
2.2.11 Calidad fisicoquímica	20
2.3 Marco legal	24
2.3.1 Decreto supremo N° 031-2010 - SA.	24
2.3.2 Estándares de calidad de agua - OMS	24
2.3.3 Decreto supremo N° 015-2015 MINAM	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1.1 Ubicación de la zona de muestreo y trabajo	27
3.1.2 Población	29
3.1.3 Muestra	29
3.1.4 Muestreo	29
3.2 Numeración de bacterias heterótrofas mesófilas viables	30

3.3	Cuantificación de coliformes totales y fecales por la técnica filtro de membrana	30
3.4	Recuento de coliformes totales y fecales por la técnica del número más probable	30
3.5	Evaluación de organismos de vida libre	30
3.6	Análisis fisicoquímico de agua	31
IV.	RESULTADOS	33
V.	DISCUSIÓN	43
VI.	CONCLUSIONES	51
VII.	RECOMENDACIONES	53
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
IX	ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Ubicación política y geográfica de los puntos de muestreo en el distrito de Luricocha y diversas comunidades.	27
Tabla 2 Número de habitantes, tipo de captación, volumen del reservorio de agua y tipo de cloración – distrito de Luricocha – 2017.	28
Tabla 3 Métodos empleados en el análisis fisicoquímico de agua.	31
Tabla 4 Resultado del análisis microbiológico y biológico de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha y comunidades correspondientes a los meses de noviembre 2016 y marzo 2017.	34
Tabla 5 Resultado del análisis fisicoquímico de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha y comunidades correspondientes a los meses de noviembre 2016 y marzo 2017.	35
Tabla 6 Resultados globales de los análisis de agua de consumo humano en el distrito de Luricocha y comunidades correspondientes a los meses de noviembre 2016 y marzo 2017.	36
Tabla 7 Resumen de los resultados del análisis fisicoquímico, microbiológico y fisicoquímico de muestras de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha – Huanta – Ayacucho-2016 – 2017.	37
Tabla 8 Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de agua de riego del distrito de Luricocha y comunidades correspondientes a los meses de noviembre 2016 y marzo 2017.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Comparación del número bacterias heterótrofas mesófilas viables respecto a la presencia o ausencia de cloro residual, resultados correspondientes al mes de noviembre de 2016 y marzo de 2017 de aguas de consumo humano.	38
Figura 2 Comparación del número de bacterias coliformes totales, respecto a la presencia o ausencia de cloro residual, resultados correspondientes al mes de noviembre de 2016 y marzo de 2017, de aguas de consumo humano.	39
Figura 3 Comparación del número bacterias coliformes fecales, respecto a la presencia o ausencia de cloro residual, resultados correspondientes al mes de noviembre de 2016 y marzo de 2017, de aguas de consumo humano.	40

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos/ DS N° 031 – 2010 – S.A	59
Anexo 2	Límites Máximos Permisibles de parámetros de calidad organoléptica / DS N° 031 – 2010 – S.A	60
Anexo 3	Estándares nacionales de calidad ambiental para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales - DS N° 002 – 2008 – MINAN	61
Anexo 4	Relaciones de alcalinidad Tomado del APHA (1992).	62
Anexo 5	Proceso de obtención de muestras de agua de riego de la poza de almacenamiento del distrito de Luricocha, Huanta– Ayacucho 2016.	63
Anexo 6	Proceso de obtención de muestras de agua de consumo humano a nivel de domicilio en el distrito de Luricocha, Huanta - Ayacucho 2016 – 2017	64
Anexo 7	Proceso del análisis in situ de cloro residual y pH, esto llevado a cabo con el comparador colorimétrico, en el distrito de Luricocha, Huanta - Ayacucho 2016– 2017	65
Anexo 8	Proceso del traslado de las muestras de agua en un cooler con pak refrigerante al laboratorio de análisis, estas obtenidas en el distrito de Luricocha, Huanta – Ayacucho 2016 – 2017	66
Anexo 9	Flujograma de preparación del medio m-Endo	67
Anexo 10	Flujograma de preparación del medio m- FC	68
Anexo 11	Flujograma del proceso de filtración de agua de consumo humano	69
Anexo 12	Observación de colonias típicas de bacterias coliformes totales.	70
Anexo 13	Observación de colonias típicas de coliformes fecales.	71
Anexo 14	Observación de organismos de vida libre en agua de consumo humano del distrito de Luricocha, Huanta – Ayacucho 2016 - 2017	72
Anexo 15	Medición de sólidos totales disueltos y conductividad con el multiparametro	73

Anexo 16	Observación de colonias típicas de bacterias heterotróficas mesófilas viables	74
Anexo 17	Resultado de la prueba presuntiva de tubos múltiples con caldo Lauryl sulfato triptosa	75
Anexo 18	Resultado de la prueba confirmativa con la técnica del número más probable en aguas de riego del distrito de Luricocha.	76
Anexo 19	Resultado de la titulación para hallar la valoración de la dureza total en muestras de agua de consumo humano del distrito de Luricocha, 2016 – 2017	77
Anexo 20	Matriz de consistencia	78

RESUMEN

Nuestra región no es ajena a la contaminación del agua, pues con el transcurso de los años la problemática del agua y su distribución vienen sufriendo cambios notorios, el cual también aqueja al distrito de Luricocha y comunidades, donde no se cuenta con un adecuado manejo del agua, conduciendo así a la población a riesgo de contagio de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de las aguas de consumo humano y de riego en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta – Ayacucho, bajo el marco legal establecido por el DS N° 031 – 2010 MINSA y según el DS N° 015 – 2015 MINAM, El tipo de investigación fue básico - descriptivo. Para el estudio se obtuvieron muestras de agua correspondientes a 12 comunidades del distrito de Luricocha. El muestreo se realizó de manera intencional, obteniéndose 12 muestras de agua de consumo humano por muestreo, para el caso del agua de riego se tomó una muestra por comunidad obteniendo 12 muestras por evaluación. Los muestreos se realizaron durante la época de estiaje (noviembre - 2016) y lluvioso (marzo - 2017), obteniéndose un total de 48 muestras. El transporte de las muestras se realizó en un *cooler* con gel refrigerante, el tiempo que se tardó en llevar las muestras de agua al laboratorio fue entre las 6 – 18 horas. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología Ambiental de la UNSCH. Para el análisis microbiológico se empleó la técnica de filtro de membrana, para enumerar coliformes totales y fecales y la técnica de siembra por incorporación para enumerar bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV), para el análisis microbiológico de agua de riego se empleó la técnica del NMP y en ambos casos para el análisis fisicoquímico se emplearon técnicas volumétricas, colorimétricas, nefelométricas y electrométricas, donde se evaluaron los siguientes parámetros: pH, turbidez, sólidos totales disueltos, dureza total, color, conductividad, cloro residual, carbonatos y bicarbonatos. Para el caso de agua de consumo humano el 100% de las muestras de aguas analizadas superan los límites máximos permisibles (LMP) de coliformes totales y termotolerantes establecidos, para el caso de BHMV el 58,3% de las muestras sobrepasa el LMP, el 100% presenta organismos de vida libre y en caso del análisis fisicoquímico para los parámetros: pH, conductividad, STD, dureza total, cumplen al 100% con el LMP, el 33,3% y 29,2% de color y turbiedad no cumplen con el LMP, en el caso de cloro residual el 91,7% no cumple con el LMP establecido y en el caso de agua de riego y para los parámetros: pH, conductividad, carbonatos y bicarbonatos, coliformes totales y fecales cumplen al 100% con los LMP establecidos en el DS N° 015 – 2015 MINAM.

Palabras clave: Calidad de agua, coliformes, bacterias heterotróficas, agua de consumo humano, agua de riego.

I. INTRODUCCIÓN

El agua de consumo humano ha sido definida por la Organización Mundial de la Salud – OMS (OMS, 1985), como “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la higiene personal”. El agua no debe de presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana¹.

Debido a estas condiciones, en el caso de los microorganismos patógenos no existe un límite inferior tolerable; por lo que el agua destinada al consumo humano, la preparación de alimentos y bebidas o la higiene personal no deben de contener ningún agente patógeno para los seres humanos. Esto se puede conseguir seleccionando fuentes de agua de buena calidad, tratando y descontaminando eficazmente el agua contaminada con heces de seres humanos, de animales u otras sustancias y protegiéndola para que no haya contaminación durante la distribución al usuario¹.

A nivel mundial, el agua forma parte de todos los procesos naturales, por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida. Debido a que cada organismo depende del agua, ésta se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Pero también el agua es un recurso limitado, muy vulnerable y escaso en los últimos años, y no existe una conciencia globalizada sobre el manejo razonable que se debe ejercer sobre el mismo. Esto origina crisis por el uso del agua contaminada, que provoca enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales, por lo que es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y conocer el uso de tecnologías o factores que afectan su calidad. Sin la seguridad de tener acceso a agua de calidad, los humanos no podríamos sobrevivir por mucho tiempo. Las enfermedades relacionadas con el agua están entre las más comunes y la mayoría de los casos se presentan en los países en desarrollo².

La calidad del agua se define como el conjunto de caracteres físicos, químicos y biológicos que deben satisfacerse con el fin de que el agua que se suministra sea segura para el fin destinado. La contaminación del agua por materia fecal es un factor de importancia sanitaria debido a que las heces contienen una gran variedad de microorganismos, pudiendo contener inclusive microorganismos enteropatógenos².

Nuestra región no es ajena a la contaminación del agua, pues con el transcurso de los años la problemática del agua y su distribución vienen sufriendo cambios notorios, el cual también aqueja al distrito de Luricocha y comunidades, donde no se cuenta con un adecuado manejo del agua, conduciendo así a la población a riesgo de contagio de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada. Por las consideraciones arriba indicadas nos planteamos como objetivo principal , evaluar la calidad de las aguas de consumo humano y de riego en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta - Ayacucho, bajo el marco legal establecido en el DS N.º 031 – 2010 MINSa para agua de consumo humano y según el DS N.º 015 - 2015 MINAM, establecido en los estándares Nacionales de la Calidad Ambiental (ECA) y teniendo como objetivos específicos, determinar la calidad microbiológica en agua de consumo humano y riego del distrito de Luricocha, bajo el marco legal establecido en el DS N.º 031 – 2010 MINSa para agua de consumo y según el DS N.º 015 - 2015 MINAM establecido para aguas de uso poblacional y riego y determinar la calidad fisicoquímica en agua de consumo humano y riego, bajo el marco legal establecido en el DS N.º 031 – 2010 MINSa para agua de consumo y según el DS N.º 015 - 2015 MINAM establecido para aguas de uso poblacional y riego.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Cázares IG y Alcántara JJ. (2014), en la investigación titulada: “Análisis microbiológico de la calidad del agua de ciudad Nezahualcóytl”, acorde a la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994; para conocer la condición de agua que llega a los domicilios, emplearon el procedimiento del NMP. Obtuvieron 45 muestras de agua potable (de la toma directa) de la zona oriente de ciudad Nezahualcóytl, ésta norma establece un método con un 95% de confiabilidad. Las muestras analizadas alcanzaron ≥ 100 NMP/100mL de organismos coliformes totales, esto indica que el agua que llega a los domicilios de la ciudad no reúne la calidad microbiológica requerida para considerarse como potable.³

Mejía MR y Turrialba. (2005), En la investigación titulada: “Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras”, con el objetivo de hacer un análisis socio ambiental de la calidad del agua para consumo humano, y determinar la percepción local del uso de tecnologías apropiadas para desinfección de agua. Se hicieron análisis de laboratorio de las principales fuentes de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua. Se obtuvo una recopilación del conocimiento local del uso y manejo del agua mediante una metodología participativa, información que llevó al planteamiento de alternativas y acciones sostenibles para mantener la calidad del agua para consumo dentro de los rangos permitidos por la Norma Técnica Nacional. La información secundaria fue recopilada a través de los actores clave y de las diferentes instituciones vinculadas a la administración del recurso en la microcuenca. La información de campo se obtuvo mediante recorridos por los cauces de las principales quebradas, aplicación de encuestas a los pobladores y usuarios del agua de la microcuenca, y talleres participativos donde se analizaron los diferentes procesos que se están

desarrollando y que contribuyen a la contaminación del agua. Los resultados mostraron que la oferta es mayor a la demanda, y la disponibilidad está en su límite máximo ya que el recurso no se está utilizando de manera sostenible. La calidad de del agua se ve afectada por la turbidez y sedimentación en la parte física y por contaminación biológica con coliformes fecales⁴.

Estupiñán SM y Avila SL. (2010), en la investigación titulada: “Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca”, determinaron si el agua para consumo humano del área urbana en el municipio cumplía con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Para ello, realizaron dos muestreos de diferentes puntos de la red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario. Los resultados obtenidos evidenciaron que la mayoría de las muestras no cumplían con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano. Sin embargo, los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007. La calidad del agua debe mantenerse en todo el sistema de distribución, por lo tanto, además de llevar a cabo los procesos de potabilización, el prestador del servicio debe llevar un estricto control de los factores que puedan influir en la calidad del agua⁵.

Aguilar N. (2012), en la investigación titulada: “Determinación de Parámetros Bioquímicos y Microbiológicos para agua apta para consumo humano de Concepción Quezaltepeque, Chalatenango”, nos indica, que la cantidad de sustancias que se encuentran en el agua para consumo humano están normadas y es indispensable que las características fisicoquímicas y microbiológicas estén dentro de los parámetros específicos establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 Agua potable. El presente estudio tuvo como finalidad aplicar determinados parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al agua que consume la población urbana. Los parámetros fisicoquímicos que determino fueron: color, olor, sabor, temperatura, pH, sólidos totales, turbidez, dureza, hierro, manganeso, sulfatos, nitratos, flúor, nitritos, alcalinidad, arsénico y plomo, y parámetros microbiológicos como: coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y recuento de bacterias heterótrofas. La recolección de las muestras lo realizó en dos manantiales y en cinco barrios de la zona y obtuvo un total de 18 muestras. Las muestras del agua de consumo humano fueron

recolectadas en el mes de septiembre del año 2011. El 100% de los parámetros fisicoquímicos analizados en este estudio cumplen con la norma. Los valores obtenidos para bacterias coliformes totales no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la norma, excepto la del manantial El cafetal 1 y la del barrio El Centro ya que estos si sobrepasaron los valores, esto indica contaminación microbiana y se debe a que se encuentran en grandes cantidades en el suelo, vegetación y fuentes de agua, los del barrio San Antonio y barrio San José, el resto de las muestras no sobrepasan lo establecido. Bacterias coliformes fecales, los valores obtenidos en este parámetro no sobrepasan a lo establecido. *Escherichia coli*, estos valores no sobrepasaron el establecido por la norma. Este parámetro indica contaminación por medio de las heces⁶.

Rubio HO, y col. 2015, en la Investigación titulada: "Niveles de contaminación del agua potable en la cabecera municipal de Ascensión, Chihuahua, México", nos indican lo siguiente, el objetivo fue evaluar la calidad del agua potable que utiliza la comunidad de Ascensión, Chihuahua, mediante análisis fisicoquímico, metales y microbiológicos. Las muestras de agua se obtuvieron de cinco pozos y de cinco hogares seleccionados al azar en cuatro temporadas. Se realizaron cuatro muestreos; julio, septiembre y diciembre de 2011 y mayo de 2012. Por lo tanto, se analizaron un total de 40 muestras a las que se les cuantificó el potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), temperatura (T), oxígeno disuelto (OD), turbidez (Tur), sólidos totales (SDT), coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y los siguientes metales; Al, As, B, Cd, Ca, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Ag, Pb, K, Na, Se, Si y Zn. Se aplicó un ANOVA para buscar diferencias por estación (Factor A), por fuente (Factor B) y su interacción (AxB). Para la variable de coliformes se aplicó la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis. En todos los casos se consideró un nivel de significancia de 0.05 ($\alpha=0,05$). Alrededor del 80% de las muestras de agua dieron positivo para CT y CF y se encontraron diferencias por estación ($P<0,05$). El pH y T fueron diferentes por estación ($P<0,05$), por fuente ($P<0,05$) y en la interacción ($P<0,05$). El pH supera los valores establecidos en la norma mexicana NOM-127-SSA1-1994 (NOM, 1994) e internacional (EPA, 2013). La variable OD fue diferente por estación ($P<0,05$) y no se encontraron diferencias para SDT y CE. La variable Tur y los metales Be, Cd y Co no fueron detectados y no se encontraron diferencias para ningún factor o su interacción para los elementos As, Cr, Cu, Fe, Li, Ni, Pb, Sb, Se y Zn; sin embargo, algunas concentraciones de As, Cr, Fe, Ni, Se, y Zn superan lo establecido en alguna

norma nacional (NOM, 1996) o internacional (EPA, 2013; OMS, 2014). Los metales Ca, Mg, Mn y Sr fueron estadísticamente diferentes para un factor o su interacción⁷.

Zavalaga, E. (2013), en la investigación titulada: “Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua embotellada, comercializada en la ciudad de Tacna”, con el objetivo de la presente investigación fue la evaluación microbiológica y fisicoquímica de la calidad del agua embotellada sin gas de 11 marcas, expendidas en 4 distritos de la ciudad de Tacna. Los parámetros analizados (*E. coli*, coliformes totales, *Pseudomonas aeruginosa*, pH, turbidez, color, conductividad, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza total, sodio, aluminio, arsénico, hierro, manganeso y boro) se compararon con los límites establecidos en la NTS N° 071 – MINSA/DIGESA-V.01 de 2008 (“Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”) y el DS N° 031-2012-SA de 2011 (“Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” - Perú). Los resultados indicaron que el 63,63% de las muestras analizadas no cumplen con la calidad requerida para este tipo de productos⁸.

Calla J. (2010), En la investigación titulada: “Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo”, afectado por las actividades mineras indica lo siguiente, La tesis de investigación aborda los efectos que ha presentado la calidad del agua del río Rímac frente al desarrollo de la actividad minera en el distrito de San Mateo de Huanchor ubicado en la provincia de Huarochirí del departamento de Lima. El área de estudio es una zona donde la actividad minera polimetálica se ha desarrollado desde muchas décadas atrás aproximadamente desde los años 30, época en la cual no se tenían las actuales exigencias de la normativa ambiental legal y por tal motivo tenemos actualmente catalogados en la zona 21 pasivos ambientales mineros entre bocaminas, relaveras e infraestructuras asentados a orillas de las aguas del Rímac y de sus tributarios principales como son el río Blanco y el río Aruri, los cuales actualmente son fuentes aportantes de lixiviados a las aguas del río Rímac, debido a que no están siendo manejados ni por la empresa privada ni por el Estado. La investigación en la calidad del agua ha sido desarrollada en una serie de tiempo de diez años tomando como patrones de análisis a los iones metálicos; los cuales han tenido un análisis comparativo con las normativas legales ambientales tanto nacionales como internaciones tales como los Estándares de la Organización Mundial de la

Salud, los Estándares de Canadá para Agua de Irrigación, la Ley General de Aguas y los Estándares Nacionales de Calidad del Agua (ECAS) para la Categoría III aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, siendo estos últimos el referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua del año 2008, ya que constituyen los valores óptimos que aseguran la calidad de los recursos hídricos superficiales del país.

Del análisis se obtuvo que el Cadmio, Plomo, Manganeso, Arsénico y Hierro eran los elementos que tenían que recibir un tratamiento correctivo ya que sus concentraciones en las aguas del Rímac eran mayores a lo establecido en los estándares de calidad de agua. Luego de obtener estos resultados se seleccionó la fuente aportante a tratar y se eligió como caso de estudio el efluente final de Compañía Minera San Juan S.A, por ser la empresa minera con mayor trayectoria histórica en la zona y la que tiene mayor capacidad de producción en el distrito de San Mateo; asimismo porque se observó que había un mayor incremento en las concentraciones de los iones metálicos en las aguas del Rímac luego de recibir el vertimiento final de la mencionada empresa, en comparación con otros puntos de muestreo que presentaban concentraciones menores; para lo cual se presentó una propuesta técnica económica basada en la aplicación de la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad para el tratamiento del efluente final de Compañía Minera San Juan por ser la mejor tecnología usada en todo el mundo para el tratamiento de efluentes mineros con contenido de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y hierro, y porque presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales permitiendo que su descarga al cuerpo receptor no ocasione ningún efecto adverso en los componentes del ecosistema, permitiendo así cumplir con los estándares fijados por las actuales exigencias de la normativa ambiental. Con lo cual se tuvo como objetivo reducir las concentraciones de los elementos metálicos en las aguas del río Rímac del distrito de San Mateo y mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros de Compañía Minera San Juan, poniendo en práctica una tecnología que ofrece los más altos estándares de calidad ambiental; beneficiando así el equilibrio ecológico y la calidad de las aguas del río Rímac⁹.

Olivera, A. (2012), en la investigación titulada: Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos, Ayacucho 2012, donde se analizaron 138 muestras de agua procedentes de los reservorios y grifos domiciliarios de 31 comunidades y acequias (fuente de agua

de consumo humano de comunidades restantes), los cuales fueron comparados con los valores guías establecidos en D.S. N° 031 – 2010/DIGESA. El 100% de las muestras de agua analizadas superan los límites máximos permisibles (LMP), de coliformes totales y termotolerantes establecidos, encontrándose entre un rango de 1 a 1000 UFC/100 mL. Para el caso BHMV el 59% de las muestras sobrepasan el LMP, hallándose dentro de un rango de 540 a 18×10^3 UFC/mL. En el 100% de las muestras los valores de dureza, alcalinidad y cloruros se encuentran dentro de los LMP, en el caso de pH el 85% cumple con el parámetro, en el caso de turbidez el 79% de muestras están dentro del LMP. Para el cloro residual 0,0 ppm en todas las muestras. Se concluye indicando que el 100% de muestras de agua para consumo humano de las 34 comunidades no cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, por ello no son aptas para el consumo humano¹⁰.

2.2 AGUA

2.2.1 Características generales

El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales son el 1,72 % y el restante 0,04 % se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. El agua es un elemento común constituyente y que pertenece al sistema solar, hecho confirmado en descubrimientos recientes. Puede encontrarse, principalmente, en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas y el vapor que compone sus colas¹¹.

Desde el punto de vista de la física, el agua circula constantemente en un ciclo de evapotranspiración, precipitación y desplazamiento hacia el mar. Los vientos transportan tanto vapor de agua como el que se vierte en los mares mediante su curso sobre la tierra, en una cantidad aproximada de 45 000 km³ al año. En tierra firme, la evaporación y transpiración contribuyen con 74 000 km³ anuales a causar precipitaciones de 119 000 km³ cada año¹¹.

Se estima que aproximadamente el 70 % del agua dulce se destina a la agricultura. El agua en la industria absorbe una media del 20 % del consumo mundial, empleándose en tareas de refrigeración, transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico absorbe el 10 % restante¹¹.

El agua es esencial para todas las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana. El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre. Sin embargo, estudios de la FAO estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes de 2030; en esos países es vital un menor gasto de agua en la agricultura modernizando los sistemas de riego. (Gleick, Peter H. Agua del Mundo: El informe sobre recursos de agua dulce. Washington. 10 de noviembre de 2006)¹¹.

2.2.2 Clasificación de cuerpos de agua

a. Aguas superficiales

- **Río:**

Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante al largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación por las intensas temperaturas.

- **Lago:**

Es un cuerpo de agua, generalmente dulce, de una extensión considerable, que se encuentra separado del mar. El aporte de agua a todos los lagos viene de los ríos, de aguas freáticas y precipitación sobre el espejo del agua.

- **Arroyo:**

Es una corriente natural de agua que normalmente fluye con continuidad, pero que, a diferencia de un río, tiene escaso caudal, que puede incluso desaparecer en la estación seca, verano o invierno, dependiendo de la temporada de lluvia para su existencia. En el caso de tener un caudal muy escaso y esporádico, es preferible usar el nombre de torrente o rambla.¹²

b. Aguas subterráneas

Representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra. El volumen del agua subterránea es mucho más importante que la masa de agua

retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de kilómetros cuadrados. El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece a una tercera parte de la población mundial, pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación. El agua subterránea es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua. El agua subterránea se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y eventualmente llegan a los arroyos, los lagos y los océanos.¹²

2.2.3 Importancia del agua

Es el factor abiótico más importante de la tierra y uno de los principales constituyentes del medio en que vivimos y de la materia viva. Aproximadamente un 71 % de la superficie terrestre está cubierta por agua en estado líquido, que se distribuye por cuencas saladas y dulces, formando los océanos, mares, lagos y lagunas. El 97 % de agua está en los océanos. Se encuentra también como gas constituyendo la humedad atmosférica, las nubes y también en forma sólida como la nieve o hielo.¹²

El agua constituye lo que llamamos la hidrósfera, sin límites precisos con la atmósfera y litósfera porque se compenetra con ellos. La vida depende del agua tanto para los organismos que viven en ambientes acuáticos como para aquellos que viven en ecosistemas aeroterrestres.

El agua es el líquido más abundante de la corteza y uno de los pocos líquidos naturales. No es de extrañar entonces que el agua sea una sustancia esencial en los seres vivos. El agua es el componente más abundante en los medios orgánicos, los seres vivos contienen por término medio un 70% de agua. No todos tienen la misma cantidad, los vegetales tienen más agua que los animales y ciertos tejidos (por ejemplo: el tejido graso), contienen menos agua tiene entre un 10% a un 20% de agua que otros como, por ejemplo: el nervioso, con un 90% de agua.¹²

2.2.4. Importancia del agua como vehículo de transmisión de patógenos de enfermedades.

La mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua son de origen intestinal. La materia fecal de hospederos o portadores infectados puede introducirse de diversas maneras en un sistema de abastecimiento de agua o en un área de natación. Las más comunes por descarga directa de aguas negras, sin tratamiento, en el agua receptora. Los retretes de fosa ubicados cerca de un pozo o arroyo también pueden ser fuente de contaminación. Se ha rastreado el origen

de brotes específicos de enfermedades a interconexiones entre tuberías de agua y alcantarillado, a rupturas en cañerías de acueducto, y a contaminación de sistemas de abastecimiento de agua durante inundaciones o fallas temporales de una planta de tratamiento de aguas negras. Los organismos patógenos son incapaces de crecer en el agua, pero pueden sobrevivir en ella por varios días. Los patógenos capaces de formar esporas o quistes tienen la capacidad de existir fuera de un hospedero durante un tiempo mucho más largo. Por ejemplo, las esporas de *Clostridium tetani*, el patógeno que causa la infección de tétanos, sobrevive durante años en la naturaleza.¹²

Con la progresiva demanda de recursos hidrológicos es de esperar que aumente las posibilidades de contaminación por microorganismos entéricos. Entre las bacterias que se transmiten por las aguas limpias contaminadas y residuales se encuentran: *Salmonella*, *Shigella*, *Campilobacter*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Leptospira* y *Yersinia*. De descubrimiento reciente la familia Legionellaceae, aunque no entérica se encuentra ampliamente distribuida en el medio hídrico, y se han comunicado brotes epidémicos de neumonía asociados con el agua corriente y de transmisión por aerosoles.¹³

El análisis de aguas limpias y residuales para detectar patógenos es limitado y la prueba de coliformes no siempre es un indicador adecuado de la inocuidad microbiológica del agua. Sin embargo, el análisis de coliformes ha sido y continúa siendo una herramienta útil para valorar la calidad del agua. Otros tipos comunes de enfermedades de transmisión por agua son la hepatitis infecciosa, la amibiasis, la giardiosis y la esquistosomiasis. En muchas partes del mundo periódicamente se producen epidemias de todas estas enfermedades, pero son poco frecuentes en Estados Unidos porque la mayor parte de la población cuenta con sistemas adecuados de abastecimiento de agua y eliminación de aguas residuales.¹⁴

2.2.5. Agua de uso poblacional

Consumo doméstico. Comprende el consumo de agua en nuestra alimentación, en la limpieza de nuestras viviendas, en el lavado de ropa, la higiene y el aseo personal¹⁵.

Consumo público. En la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc¹⁵.

Uso en agricultura y ganadería. En agricultura, para el riego de los campos. En ganadería, como parte de la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado¹⁵.

El agua en la industria. En las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres, en la construcción¹⁵.

El agua, fuente de energía. Aprovechamos el agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua). En algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas (molinos de agua, aserraderos)¹⁵.

El agua, vía de comunicación. Desde muy antiguo, el hombre aprendió a construir embarcaciones que le permitieron navegar por las aguas de mares, ríos y lagos. En nuestro tiempo, utilizamos enormes barcos para transportar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medio¹⁵.

Deporte, ocio y agua. En los ríos, en el mar, en las piscinas y lagos, en la montaña practicamos un gran número de deportes: vela, submarinismo, winsurf, natación, esquí acuático, waterpolo, piragüismo, ráfting, esquí, patinaje sobre hielo, jockey¹⁵.

2.2.6. Contaminación del agua

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha convertido en un bien muy preciado, debido a la escasez, es un sustento de la vida y además el desarrollo económico está superditado a la disponibilidad de agua.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc.

La degradación de las aguas viene desde tiempos antiguos, pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo¹⁶.

La escasez del agua se debe fundamentalmente a:

- La explosión demográfica
- La contaminación
- Al incremento de las demandas

Fuentes de contaminación

1º Fuentes naturales

Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. sales,

metales pesados, etc). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar¹⁶.

2º Fuentes artificiales.

Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar¹⁶.

Principales contaminantes del agua

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes ocho grupos:

a.) Microorganismos patógenos: son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños¹⁶.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS recomienda que en el agua para beber exista 0 colonias de coliformes por 100ml de agua¹⁶.

b.) Desechos orgánicos: son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en esta agua peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno)¹⁶.

c.) Sustancias químicas inorgánicas: en este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua¹⁶

d.) Nutrientes vegetales inorgánicos: nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros

organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua mal oliente e inutilizable¹⁶.

- e.) Compuestos orgánicos: muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc, acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos¹⁶.
- f.) Sedimentos y materiales suspendidos: muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos¹⁶.
- g.) Sustancias radiactivas: isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua¹⁶.
- h.) Contaminación térmica: el agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos¹⁶.

2.2.7. Problemas a la salud y el ambiente por la contaminación del agua

Efectos de la contaminación del agua en la salud.

Directos. Por ingestión de agua contaminada, procedente de abastecimientos de grandes poblaciones o de pozos contaminados. En otros casos es por contacto cutáneo o mucoso (con fines recreativos, contacto ocupacional o incluso terapéutico) pudiendo originar infecciones locales en piel dañada o infecciones sistémicas en personas con problemas de inmunodepresión¹⁶.

Indirectos. El agua actúa como vehículo de los microorganismos que causan infecciones, o bien puede transmitirse a través de alimentos contaminados por el riego de aguas residuales. Así mismo, los moluscos acumulan gran cantidad de polivirus y pueden ser ingeridos y afectara los seres humanos. Finalmente, algunos

insectos que se reproducen en el agua son transmisores de enfermedades como el paludismo o la fiebre amarilla¹⁶.

La susceptibilidad de las personas a estas infecciones depende de una serie de factores como son: edad, higiene personal, acidez gástrica (representa una barrera para la mayoría de los patógenos), la motilidad intestinal (impide la colonización intestinal al favorecerla eliminación de los microorganismos) la inmunidad (desempeña un papel importante aumentando o disminuyendo la susceptibilidad)¹⁶.

2.2.8 Agua de consumo humano

El agua es un elemento vital para la existencia humana, de su uso adecuado depende nuestra salud, alimentación y producción agrícola. El utilizar agua contaminada en la preparación de alimentos u otras actividades nos podría producir un gran número de casos de infección.

A nivel mundial alrededor de 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. Además, se ha estimado que el 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre, de un saneamiento y una higiene deficientes.

El agua es un vehículo importante de agentes patógenos causales de enfermedades diversas en el humano, dentro de los que destacan bacterias como el *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Yersinia enterocolitica*, virus como el de la hepatitis A y de Norwalk, protozoos importantes como *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Cryptosporidium parvum*. El control de la calidad del agua ha sido prioritario principalmente en zonas urbanas, para verificar una adecuada potabilización del agua, o cuando se presentan brotes de enfermedades diarreicas en la población consumidora, donde una vez detectado el problema en el suministro de agua se resuelve a corto plazo mejorando las condiciones de desinfección de la misma¹⁷.

2.2.9 Agua de riego

La calidad del agua de riego se define en función de tres criterios principales: salinidad, sodicidad y toxicidad. El criterio de salinidad evalúa el riesgo de que el uso del agua ocasione altas concentraciones de sales en el suelo, con el correspondiente efecto osmótico y disminución de rendimientos de los cultivos.

Mass y Hoffman, a partir de datos reales, han encontrado que entre la salinidad del suelo y la producción de los cultivos existe una relación lineal¹⁸.

En cada caso lo que se valora es el riesgo potencial del uso del agua, es decir, la mayoría de las aguas consideradas peligrosas tienen un contenido de sales que en asimismo no es demasiado perjudicial, el problema se presenta cuando esas aguas evolucionan en el suelo. Ya que la evapotranspiración disminuye la humedad del suelo, pero prácticamente no elimina sales, de forma que la solución del suelo se hace más salina a medida que el suelo se seca. Por tanto, un agua que inicialmente tenga una concentración salina aceptable puede alcanzar valores elevados. Pero, además, se presentan otro tipo de fenómenos: al concentrarse las sales, algunas de ellas pueden alcanzar su límite de solubilización y precipitar, retirando de la solución del suelo determinados cationes y alterando las proporciones iniciales. Esto puede ocurrir con las sales de calcio de baja solubilidad, lo que tiene como consecuencia un aumento de la proporción de sodio en el agua del suelo y del Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI) del mismo¹⁸.

2.2.10 Calidad microbiológica del agua

Referido a seres vivos muy pequeños, como las bacterias, los virus, hongos y parásitos, visibles sólo bajo los lentes de un microscopio. Uno de los más mencionados y cuya presencia está prohibida en el agua, es el referido a las bacterias coliformes (*Echerichia coli*, la más común de ellas), que, al incrementar su cantidad de manera abrupta, puede producir infecciones intestinales. De igual forma, no se deben encontrar en el agua, huevos de larvas de gusanos, protozoarios dañinos para la salud del ser humano, entre otros¹⁷.

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos.

Las posibles consecuencias para la salud de la contaminación microbiana son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial y nunca debe comprometerse¹⁹.

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos¹⁹.

Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones causadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia.

Para garantizar sistemáticamente la inocuidad del agua de consumo y proteger la salud pública, debe prestarse atención especial a la aplicación de un marco para la seguridad del agua y de planes de seguridad del agua (PSA) completos. Para gestionar la inocuidad microbiana del agua de consumo es preciso: a) evaluar el conjunto del sistema, para determinar los posibles peligros a los que puede estar expuesto; b) determinar las medidas de control necesarias para reducir o eliminar los peligros y realizar un monitoreo operativo para garantizar la eficacia de las barreras del sistema, y c) elaborar planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse en circunstancias normales y si se producen incidentes. Estos son los tres componentes de un PSA¹⁹.

Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de consumo, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y potencialmente, a una gran proporción de la comunidad¹⁷. Las formas infecciosas de muchos helmintos, como los nemátodos y platelmintos parásitos, pueden transmitirse a las personas por medio del agua de consumo. El agua de consumo no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que

un único ejemplar puede ocasionar una infección. No obstante, el agua es una vía relativamente poco importante de infección por helmintos, con la excepción del dracúnculo¹⁹.

El peligro para la salud pública de las cianobacterias deriva de su capacidad de producir diversas toxinas, conocidas como (cianotoxinas). Al contrario que las bacterias patógenas, las cianobacterias no se multiplican en el organismo humano tras su ingestión, sino únicamente en el agua antes de ser ingerida¹².

Si bien los péptidos tóxicos se encuentran habitualmente en el interior de las células y pueden, por consiguiente, eliminarse, en gran parte, por filtración, se liberan también al agua alcaloides tóxicos, como la cilindrospermopsina y las neurotoxinas, que pueden atravesar los sistemas de filtración¹⁹.

Algunos microorganismos forman biopelículas sobre superficies que están en contacto con agua.

La mayoría de estos microorganismos, con pocas excepciones, no causan enfermedades en las personas sanas, pero pueden resultar molestos ya que generan sabores y olores o la coloración del agua de consumo. La proliferación que se produce después del tratamiento del agua de consumo se conoce con frecuencia como (reproliferación). Normalmente, se refleja en un aumento del recuento de heterótrofos en placa (RHP) en muestras de agua. Los valores de RHP aumentan sobre todo en partes de los sistemas de distribución por tuberías donde se produce estancamiento de agua, en instalaciones de fontanería domésticas, en agua envasada, en algunos casos, y en dispositivos conectados a las instalaciones de fontanería, como descalcificadores, filtros de carbón y máquinas expendedoras automáticas¹⁹.

Parámetros indicativos de contaminación orgánica y biológica

Parámetros bacteriológicos

La bacteria *Escherichia coli*, y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma bacilar, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa. Otros organismos usados como indicadores de contaminación fecal son los Estreptococos fecales y los Clostridios. Estos últimos son los organismos anaerobios, formadores de esporas. Las esporas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo, cuya presencia en ausencia de coliformes es indicativa de una pasada contaminación.

La presencia de microorganismos no tiene importancia en muchos procesos industriales pero la industria alimentaria requiere agua de calidad potable. La destrucción de las bacterias da lugar a sustancias llamadas pirógenas, de especial importancia en el agua empleada para la producción de inyectables en la industria farmacéutica. Los microorganismos también pueden dar lugar a la formación de limos, especialmente en los circuitos cerrados de refrigeración.

Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, tratamiento biológico, o esterilización por luz ultravioleta, cloración u ozonización²⁰

- **Coliformes totales**

El total de bacterias coliformes (o coliformes totales) incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído y gas en 24 h a 35 – 37 °C²⁰.

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, aún existen muchos coliformes de vida libre²⁰.

- **Coliformes fecales**

Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. Presentan crecimiento en medio selectivo a 44,5°C por un tiempo de incubación de 48 h. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte²⁰.

- **Bacterias mesófilas heterótrofas viables**

Son indicadores del nivel de higiene y estima la densidad de bacterias heterótrofas viables, aerobias y anaerobias facultativas, capaz de desarrollarse en condiciones de nutrición, temperatura y tiempo de incubación a 35°C por 48 horas. A esta temperatura de incubación se consigue un desarrollo homogéneo de la microbiota bacteriana que existe en aquellos momentos. Un recuento total elevado debe alertar al profesional de presencia de una contaminación bacteriana extraña al ecosistema, de la misma forma un recuento bajo o inferior a 100 por mL, indicar agua de buena calidad para consumo humano.²⁰

- **Organismos de vida libre**

Los organismos de vida libre son: hongos, algas, protozoarios, nemátodos, caracoles, etc. Algunos de estos organismos son de interés en salud pública por ser conocidos como hospederos de algunos patógenos de enfermedades, o por las toxinas que producen. Los problemas más comunes asociados con estos organismos son de interferencia en la operación de las plantas, o de producción de turbiedad, color, olor o sabor en el efluente final de la planta²⁰.

2.2.11 Calidad fisicoquímica del agua

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico define su composición física y química. Algunos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden ser evaluados si se recurre a los principios de equilibrio químico, incluida la Ley de Acción de Masas y la Ecuación de Nerst o al conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles²¹.

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etc), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua²¹.

Se consideran importantes las siguientes²¹:

- Turbiedad
- Sólidos solubles e insolubles
- Color
- Olor y sabor
- Temperatura
- pH.

- **Sabor y olor**

El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl⁻, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO₄⁼. El CO₂ libre le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables²¹.

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. No se puede atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes. El agua

pura sólo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial colorante de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso, y un potencial espumante en su uso en calderas²¹.

- **Turbidez**

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de los procesos a que se pueda destinar el agua²¹.

- **Conductividad**

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular. La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de un agua, siempre que²¹:

- No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables.
- Las mediciones se realizan a la misma temperatura.
- La composición del agua se mantenga relativamente constante²⁰.

- **pH**

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$. Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. Su medición se realiza fácilmente con un peachímetro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que, por coloración, indican el pH. Los valores del pH han de ser

referidos a la temperatura de medición, pues varían con ella. El pH se corrige por neutralización²¹.

- **Dureza**

La dureza, debida a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc. Por el contrario, las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo²⁰.

Las formas de dureza del agua son:

Dureza total o título hidrométrico, TH. Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} . Se puede distinguir entre la dureza de calcio, THCa , y la dureza de magnesio, THMg .

Dureza permanente o no carbonatada. Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} después de someter el agua a ebullición durante media hora, filtración y recuperación del volumen inicial con agua destilada. El método es de poca exactitud y depende de las condiciones de ebullición.

Dureza temporal o carbonatada. Mide la dureza asociada a iones CO_3H^- , eliminable por ebullición, y es la diferencia entre la dureza total y la permanente²¹.

- **Alcalinidad**

Definimos alcalinidad como la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Esta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No obstante, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad de estar también presentes. Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados o pareados con iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes. El bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad. Dicha especie iónica y el hidróxido son particularmente importantes cuando hay gran actividad fotosintética de algas o cuando hay descargas industriales en un cuerpo de agua²¹.

- **Carbonatos y bicarbonatos**

Los carbonatos y bicarbonatos presentes en cuerpos naturales de agua dulce se originan generalmente del desgaseo y disolución de rocas en la cuenca que

contienen carbonatos tales como la piedra caliza. A pesar de que la piedra caliza no es muy soluble en agua pura, su disolución es promovida por la presencia de CO₂ disuelto en el agua (CO₂ atmosférico o CO₂ generado en sedimentos ricos en materia orgánica). El CO₂ reacciona con el agua para generar pequeñas cantidades de ácido carbónico, el cual disuelve entonces las rocas de carbonato en la cuenca, lo que a su vez contribuye a la alcalinidad del agua²¹.

- **Sólidos disueltos**

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Corresponde al residuo seco con filtración previa. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales. Aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por sí solo suficiente para determinar la bondad del agua. En los usos industriales la concentración elevada de sólidos disueltos puede ser objeccionable por la posible interferencia en procesos de fabricación, o como causa de espuma en calderas. Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición, incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa²¹.

- **Sólidos totales**

Los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión²¹.

- **Cloro residual**

El cloro es el agente más utilizado en el mundo como desinfectante en el agua de consumo humano, debido principalmente a:

- Su carácter fuertemente oxidante, responsable de la destrucción de los agentes patógenos (en especial bacterias) y numerosos compuestos causantes de malos sabores.
- Su más comprobada inocuidad a las concentraciones utilizadas
- La facilidad de controlar y comprobar unos niveles adecuados.

Es fundamental mantener en las redes de distribución pequeñas concentraciones de cloro libre residual, desde las potabilizadoras hasta las acometidas de los consumidores, para asegurar que el agua ha sido convenientemente desinfectada. No obstante, es importante señalar que la ausencia de cloro libre residual no implica la presencia de contaminantes microbiológica.

El cloro residual libre en el agua de consumo se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. El cloro residual combinado es el resultado de la combinación de cloro con el amonio (cloraminas), y su poder desinfectante es menor que el libre. Las sumas de los dos constituyen el cloro residual²¹.

2.3 MARCO LEGAL

Esta investigación se desarrolló bajo la siguiente normativa legal:

2.3.1 Decreto Supremo Nº 031-2010 – SA

Mediante Decreto Supremo Nº 031-2010 -SA (publicado en el Diario El Peruano el 26 de setiembre de 2010), se aprobó el Reglamento sobre Calidad del Agua de consumo humano, a través del cual se busca proteger y promover la salud y bienestar de la población. En dicho documento se proporciona al Ministerio de Salud los instrumentos de gestión para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. El objetivo del reglamento es establecer el marco normativo en la gestión de la calidad del agua; en su vigilancia sanitaria; control y supervisión. También en la fiscalización, autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua; así como los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del líquido elemento, y la difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano. Se precisa además que los proveedores que estén operando sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano deberán implementar un Programa de Adecuación Sanitaria para cumplir con las normas técnicas y formales establecidas²².

2.3.2 Estándares de la calidad de agua – OMS

La Organización Mundial de la Salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece unas directrices para la calidad del agua potable que son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable. Las últimas directrices publicadas por la OMS son las acordadas en Génova, 1993. Como usted podrá observar, para algunos de los elementos y sustancias que se mencionan no existe directriz. Esto es así porque no existen suficientes estudios relativos a los efectos de esta sustancia en el organismo, y por tanto no es posible definir un valor límite. En otros casos, la razón para que no exista directriz es la imposibilidad de que esa sustancia alcance una concentración peligrosa en el agua, debido a su insolubilidad o a su escasez²³.

2.3.3 Decreto supremo N° 015 – 2015 -MINAM

El marco legal que regula los recursos hídricos en el Perú es Ley de Recursos Hídricos N° 29338 (2009) cuyos principios son: Valoración del agua y de gestión integrada, prioridad de acceso al agua, participación de la población y cultura, seguridad jurídica, respeto del agua de las comunidades, principio sostenible, descentralización de la gestión pública del agua, carácter precautorio, eficiencia, gestión de cuencas y tutela jurídica. La ley establece la existencia del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, cuyo ente rector es la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Además, establece los usos que se le puede dar a los recursos hídricos, los derechos y licencias de uso, la protección del agua, los regímenes económicos, la planificación del uso, la infraestructura hidráulica, normatividad sobre el agua subterránea, las aguas amazónicas, los fenómenos naturales, finalmente, las infracciones y sanciones. El reglamento de la ley se puede observar en el Reglamento de la Ley 29338 Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM donde se especifican los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Igualmente, la legislación incluye²⁴.

DECRETOS LEGISLATIVOS

- Decreto Legislativo N° 994. Promueve a inversión privada de proyectos de irrigación para la ampliación de la frontera agrícola. 13 marzo, 2008.
- Decreto Legislativo N° 997. Aprueba la ley de organización y funciones del ministerio de agricultura. En la primera disposición complementaria del decreto legislativo menciona sobre la creación Autoridad nacional del Agua (ANA). Esta es responsable de dictar las normas y establecer los procedimientos para la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos. 13 marzo, 2008²⁴.

DECRETOS SUPREMOS

Decreto supremo N° 015-2015-MINAM. Aprobación de los estándares de calidad ambiental para agua, el cual establece el nivel de concentración de elementos, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua con fin que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. 30 julio, 2008²⁴.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE ZONA DE MUESTREO Y TRABAJO

3.1.1 Ubicación de zona de muestreo

Tabla 1: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el distrito de Luricocha y las 12 comunidades.

Comunidades	Altitud (m.s.n.m)	COORDENADAS UTM	
		Latitud (m)	Longitud (m)
Luricocha	2 560	579789.36	8574217.23
Huayllay	3 607	608864.173	8673248.83
San Pedro de Pampay	2 567	608864.173	8673248.83
San Juan de Llanza	2 575	578258.493	8673344.29
Misioneros de Aycas	2 583	577724.885	8574538.37
Chamana	2 777	579043.12	8574833.82
Simpayhuasi	2 650	578999.054	8574238.29
Ccollana	2 490	578669.569	8572017.36
Pichiurara	2 665	579576.891	8572718.7
Azángaro	2 407	576264.321	8570698.84
Yuraccraccay	2 496	577006.296	8573081.89
Paccosan	2 231	574222.828	8575387.96

Tabla 2: Número de habitantes, tipo de captación, volumen del reservorio de agua y tipo de cloración – de las 12 comunidades del distrito de Luricocha, incluida la capital - 2017.

Comunidad	Número de habitantes	Tipo de captación	Volumen de reservorio (L)	Tipo de cloración
Luricocha	1 100	Agua superficial de riachuelo	28 274	Cloro gaseoso
Huayllay	680	Agua superficial de riachuelo	15 000	Cloro por goteo
San Pedro de Pampay	560	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
San Juan de Llanza	248	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Misioneros de Aycas	821	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Chamana	186	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Simpayhuasi	184	Agua superficial de riachuelo	15 000	Cloro por goteo
Collana	311	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Pichiurara	377	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Azángaro	716	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Yuraccraccay	244	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Paccosan	108	Agua subterránea de manantial	15 000	Cloro por goteo
Total	5 535			

Fuente: FONCODES Proyecto ROMAS - 2013 – CLASS – LURICOHA

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Microbiología Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en la ciudad universitaria a 2750 m.s.n.m latitud 13°08'50.92" S y longitud 74°13'09.84" N.

3.1.2 POBLACIÓN

La población en esta investigación, estuvo constituido por todas las fuentes de agua de consumo humano y riego de las 12 comunidades del distrito de Luricocha, incluida la capital.

3.1.3 MUESTRA

Las muestras en esta investigación fueron en total 48; 24 de consumo humano y 24 de agua de riego esto tomado en dos épocas del año, 12 de consumo humano y 12 de agua de riego, tomadas en época de estiaje (noviembre 2016) y las otras 12 de consumo humano y 12 de aguas de riego tomadas en época de lluvia (marzo 2017).

3.1.4 MUESTREO

El muestreo se realizó de manera intencional en los puntos más concurrentes de cada comunidad, Luricocha, Huayllay, San Pedro de Pampay, San Juan de Llanza, Misioneros de Aycas, Chamana, Simpayhuasi, Pichiurara, Ccollana, Paccosan, Yuraccraccay y Azángaro.

Se realizó la colecta manual para las muestras en las redes de agua y en las fuentes de riego, tomando en cuenta los cuidados de asepsia, para el caso de agua de consumo humano se retiró todo material ajeno al sistema de abastecimiento (grifo), se purgó el agua retenida; luego se removió la tapa del frasco, para la toma de muestra, con una de las manos se aseguró el frasco por la base, luego se procedió al recojo en un frasco para el análisis microbiológico 600 mL, otro frasco para el análisis fisicoquímico 600 mL, y uno para el análisis de organismos de vida libre, un frasco obteniendo 1L de muestra, al mismo tiempo se procedió a la medición del pH y cloro residual para luego rotular el envase considerando la ubicación de la muestra, la fecha, el pH y cloro residual. En caso de agua de riego se sumergió el frasco estéril rápidamente a una profundidad aproximada de 15 a 20 cm, se inclinó el frasco lentamente hacia arriba para permitir la salida del aire y permitir el ingreso del agua; luego se retiró el frasco del cuerpo de agua, se eliminó una pequeña cantidad de muestra, dejando un espacio vacío para llevar a cabo una adecuada homogenización antes de llevar a cabo los diversos análisis, al mismo tiempo en el lugar del muestreo se llevó a cabo la

medición del pH del agua de riego para luego ser rotulada con los datos del punto de muestreo, fecha y el resultado del pH²⁵.

El transporte de las muestras se realizó en un *cooler* con packs de gel refrigerante, esto para evitar que las muestras puedan sufrir alteración alguna garantizando una temperatura de 4 – 10 °C ²⁵.

3.2. Numeración de bacterias heterótrofas mesófilas viables

Esta prueba se llevó a cabo con el método de la Técnica de Recuento estándar en Placa tomado de Estándar Methods the Examination of Water and Waste water. 16 th. Ed. Parte 9000 (9215). Pag. 9-64²⁶.

3.3. Cuantificación de coliformes totales y coliformes fecales

Esta prueba se llevó a cabo con el método de la Técnica del Filtro de Membrana para Miembros del Grupo de los Coliforme tomado de. APHA. AWWA. WPCF. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Aguas Residuales. 17 Edición 1992²⁶.

3.4. Recuento de coliformes totales y coliformes fecales por la técnica del número más probable

Esta prueba se llevó a cabo con el método de la Técnica del Número Más Probable tomado de Estándar Methods the Examination of Water and Wastewater. 16 th. Ed. Parte 9000 (9215)²⁶.

3.5. Evaluación de organismos de vida libre

- Para llevar a cabo la evaluación de organismos de vida libre presentes en muestra de agua de consumo humano, se colectaron muestras en frascos de capacidad de un litro
- Se llevó a cabo el traslado de la muestra al laboratorio de microbiología ambiental en el cual, se dejaron en reposo absoluto por 24 horas a temperatura ambiente.
- Una vez transcurrido el tiempo, se decantaron las muestras, obteniendo así solo el sedimento
- Se colocó el sedimento en tubos de prueba el cual se llevó a centrifugación a 3500 rpm de 3 a 5 minutos
- Una vez llevado a cabo este proceso se decantaron nuevamente el sobrenadante de los tubos
- Se tomó 50 µl del sedimento el cual fue colocado en un porta objetos y cubierto con una laminilla para la observación en el microscopio a aumento de 10X y 40X

- Se llevó a cabo el conteo por campo microscópico para luego llevar a cabo la estimación del total de microorganismos de vida libre presente en la muestra de agua evaluada
- Para llevar a cabo la estimación de organismos de vida libre presentes en el volumen de muestra se contó los campos existentes a observación de 40X.
- Se contó 32 campos en una laminilla de 22 x 22 mm, obteniendo un total de 1,024 campos.
- Se observaron en promedio cinco a seis campos para sacar un promedio de organismos existentes y luego multiplicar por el total de campos (1,024).
- Para conocer la cantidad total de organismos se aplicó una ecuación de regla de tres simple y así conocer la cantidad de los organismos de vida libre presentes en la cantidad de muestra tomada, para este caso un litro²⁷.

3.6. Análisis fisicoquímico del agua

Para el caso del análisis fisicoquímico de las muestras de agua se realizaron con lo establecido en el Manual de procedimientos de análisis de agua: análisis bacteriológico, físico y químico de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS – 1997)²⁸.

Tabla 3: Métodos empleados en el análisis fisicoquímico de agua.

PARÁMETROS	MÉTODO
pH	Electrométrico
Conductividad eléctrica	Electrométrico
Sólidos disueltos totales (SDT)	Electrométrico
Temperatura	Electrométrico
Dureza total	Titulométrico con EDTA
Alcalinidad total	Titulométrico con ácido fuerte
Cloro Residual	Indicador DPD
Turbidez	Turbidímetro portátil
	Turbidímetro portátil
Color	
Alcalinidad	Titulométrico
Carbonatos	Relación de alcalinidad fenoftaleínica y
Bicarbonatos	alcalinidad total.

IV. RESULTADOS

Tabla 4: Resultado del análisis microbiológico y biológico de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha y comunidades correspondientes al mes de noviembre 2016 y marzo 2017.

COMUNIDAD	NOVIEMBRE 2016				MARZO 2017			
	C.T (UFC/100 ml)	C.F (UFC/100 ml)	B.H.M.V (UFC/ml)	O.V.L (Nº org/L)	C.T (UFC/100ml)	C.F (UFC/100ml)	B.H.M.V (UFC/ml)	O.V.L (Nº org/L)
Luricocha	DNPC	DNPC	638	46 452	DNPC	DNPC	387	46 152
Chamana	DNPC	DNPC	55	14 742	DNPC	DNPC	59	14 971
Simpayhuasi	DNPC	39	1 808	38 962	DNPC	33	1 048	38 912
Yuraccraccay	DNPC	58	2 016	23 679	DNPC	49	984	23 879
Azangaro	DNPC	DNPC	2 384	46 452	DNPC	98	3 168	46 152
Ccollana	23	11	1 696	17 826	6	0	3 36	17 326
Pichiurara	DNPC	DNPC	2 880	14 545	DNPC	128	465	14 745
Huayllay	DNPC	DNPC	67	7 573	DNPC	97	134	7 373
Pampay	18	0	215	3 472	5	0	81	3 072
Lianza	DNPC	15	504	4 826	DNPC	7	163	4 526
Aycas	DNPC	DNPC	2 592	8 792	DNPC	DNPC	>3 168	8 192
Paccosan	DNPC	53	3 456	37 376	DNPC	20	1 068	37 376
Parámetros		C.T (UFC/100 ml)		C.F (UFC/100 ml)		B.H.M.V (UFC/ml)		O.V.L (Nº org/L)
LMP*		0		0		500		0

C.T Coliformes totales
 C.F Coliformes fecales
 B.H.M.V Bacterias heterótrofas mesófilas viables
 O.V.L Organismos de vida libre
 * Decreto supremo N 031 – 2010 S.A
 LMP Límite máximo permisible
 DNPC Demasiado número para contar

Tabla 5: Resultado del análisis fisicoquímico de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha y comunidades correspondientes a los meses de noviembre 2016 y marzo 2017.

PARAMETROS FISICOQUIMICOS EVALUADOS EN AGUA DE CONSUMO HUMANO														
COMUNIDAD	COLOR (UCV escala de Pt/Co)		TURBIEDAD (UNT)		pH		CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µmho/cm)		SDT (mg/L)		D.T (mg CaCO ₃ /L)		CLORO RESIDUAL (mg/L)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Luricocha	5	9	1,62	4,81	7,8	7,8	234	211	122	106	176	208	0,0	0,0
Chamana	4	2	1,43	0,41	7,4	7,4	79	55	39	27	114	162	0,0	0,0
Simpayhuasi	39	182	18,0	26,0	7,6	7,2	67	67	34	34	136	94	0,0	0,0
Yuraccraccay	20	10	15,9	1,50	8,2	7,2	653	634	326	316	289	400	0,0	0,0
Azángaro	18	2	0,76	0,66	7,2	7,4	664	358	334	174	290	216	0,0	0,0
Ccollana	20	22	15,9	16,2	7,8	7,2	513	664	255	332	240	400	0,0	0,0
Pichiurara	89	2	17,6	1,09	7,8	7,8	295	325	153	160	214	220	0,0	0,0
Huayllay	8	8	0,40	0,42	7,6	7,6	44	132	23	65	160	158	0,0	0,0
Pampay	8	2	1,02	1,09	8,2	7,8	208	137	104	70	142	200	0,5	0,5
Llanza	10	11	1,62	1,82	7,8	7,6	195	155	95	77	132	220	0,0	0,0
Aycas	8	88	1,55	18,2	8,2	8,2	246	67	123	33	200	200	0,0	0,0
Paccosan	7	2	0,54	1,09	7,6	7,8	239	244	118	123	184	200	0,0	0,0

Parámetros	Color (UCV escala de Pt/Co)	Turbiedad (UNT)	pH	Conductividad (µmho/cm)	SDT (mg/L)	DT (mg CaCO ₃ /L)	Cloro residual (mg/L)
LMP*	15	5	6,5 a 8,5	1 500	1000	500	0.5**

UCV Unidad de color verdadero
 UNT Unidad nefelométrica de turbidez
 SDT Sólidos disueltos totales
 DT Dureza total
 LMP Límite máximo permisible
 * Decreto supremo N 031 – 2010 S.A

Tabla 6. Resultados globales de los análisis de agua de consumo humano en el distrito de Luricocha y comunidades, correspondiente a los meses de noviembre 2016 y marzo de 2017, en comparación con el DS. N° 031 – 2010 SA/DIGEDA/MINSA.

Parámetro	Noviembre 2016				Marzo 2017				Total			
	Cumple	%	No cumple	%	Cumple	%	No cumple	%	Cumplen	%	No cumplen	%
Bacterias coliformes totales	0	0,0	12	100,0	0	0,0	12	100,0	0	0,0	24	100,0
Bacterias coliformes fecales	1	8,3	11	91,7	2	16,6	10	83,4	3	12,5	21	87,5
Bacterias heterotróficas	3	25,0	9	75,0	7	58,3	5	41,7	10	41,7	14	58,3
Organismos de vida libre*	0	0,0	12	100,0	0	0,0	12	100	0	0,0	24	100,0
Color	7	58,3	5	41,6	9	75,0	3	25	16	66,7	8	33,3
Turbiedad	8	66,7	4	33,3	9	75,0	3	25	17	70,8	7	29,2
pH	12	100,0	0	0,0	12	100,0	0	0	24	100,0	0	0,0
Conductividad	12	100,0	0	0,0	12	100,0	0	0	24	100,0	0	0,0
Sólidos totales disueltos	12	100,0	0	0,0	12	100,0	0	0	24	100,0	0	0,0
Dureza total	12	100,0	0	0,0	12	100,0	0	0	24	100,0	0	0,0
Cloro residual	1	8,3	11	91,7	1	8,3	11	91,7	2	8,3	22	91,7

*Como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos
 Cumple – No Cumple de acuerdo a la comparación realizada con el DS. N° 031-2010 S.A/ MINSA

Tabla 7. Resumen de los resultados del análisis Físicoquímico, microbiológico y biológico de muestras de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha – Huanta – Ayacucho 2016 – 2017.

	NOVIEMBRE 2016		MARZO 2017		TOTAL	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
CUMPLEN*	0	0	0	0	0	0
NO CUMPLEN*	12	100%	12	100%	24	100%

* Cumple/ No cumple: LMP establecidos en el D.S. Nº 031 – 2010 SA/DIGESA/MINSA

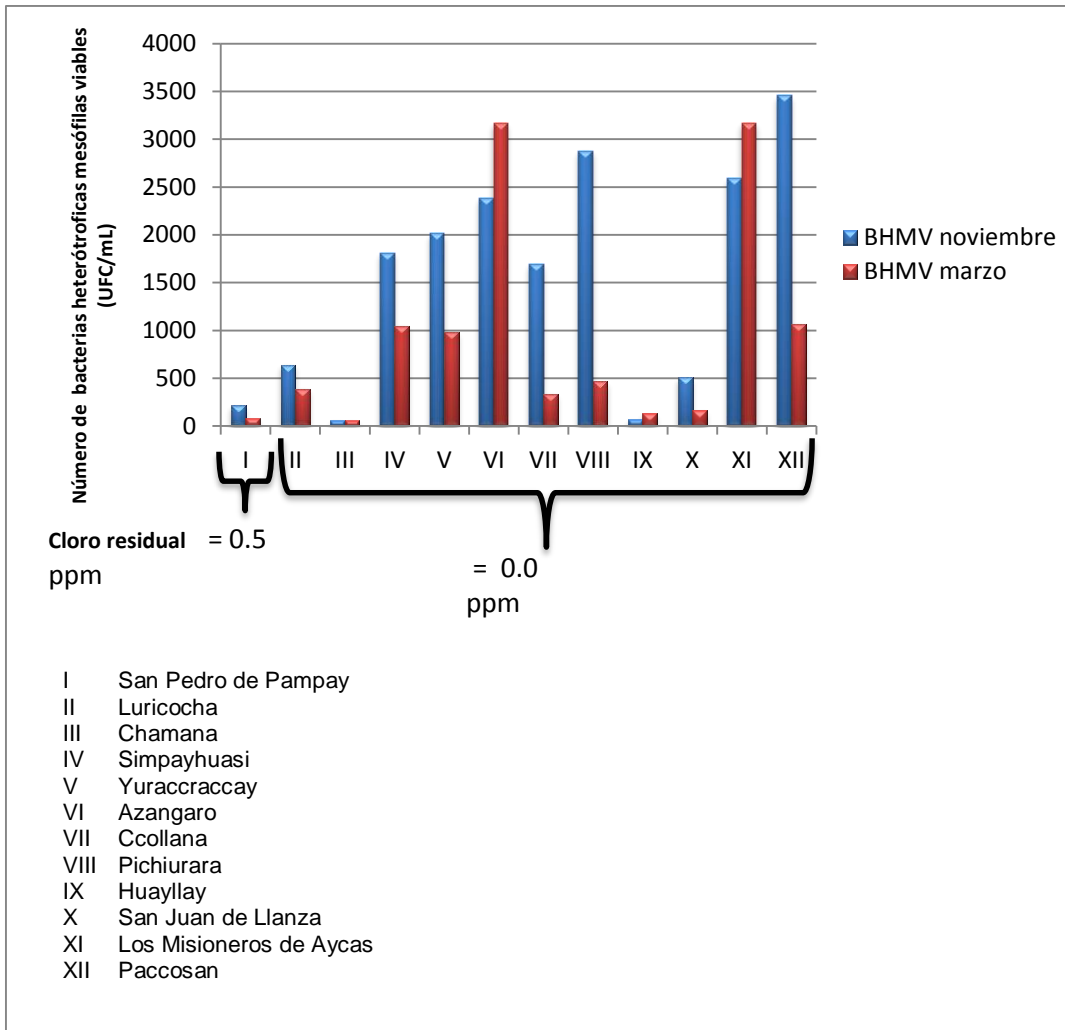


Figura 1. Comparación del número bacterias heterótrofas mesófilas viables respecto al nivel cloro residual en agua de consumo humano, correspondiente a las 12 comunidades del distrito de Luricocha, evaluaciones de noviembre de 2016 y marzo de 2017.

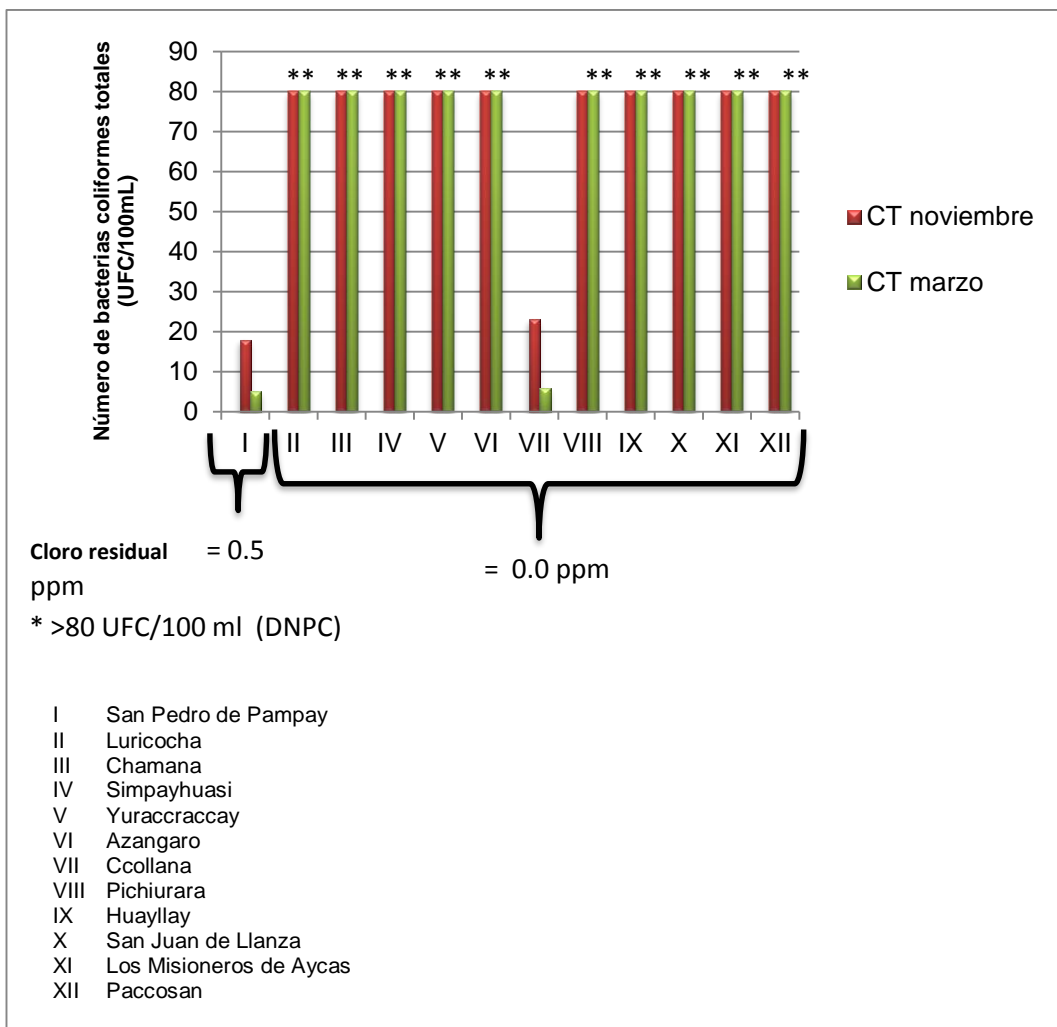


Figura 2. Comparación del número de bacterias coliformes totales, respecto a la presencia o ausencia de cloro residual, resultados correspondientes al mes de noviembre de 2016 y marzo de 2017, de aguas de consumo humano.

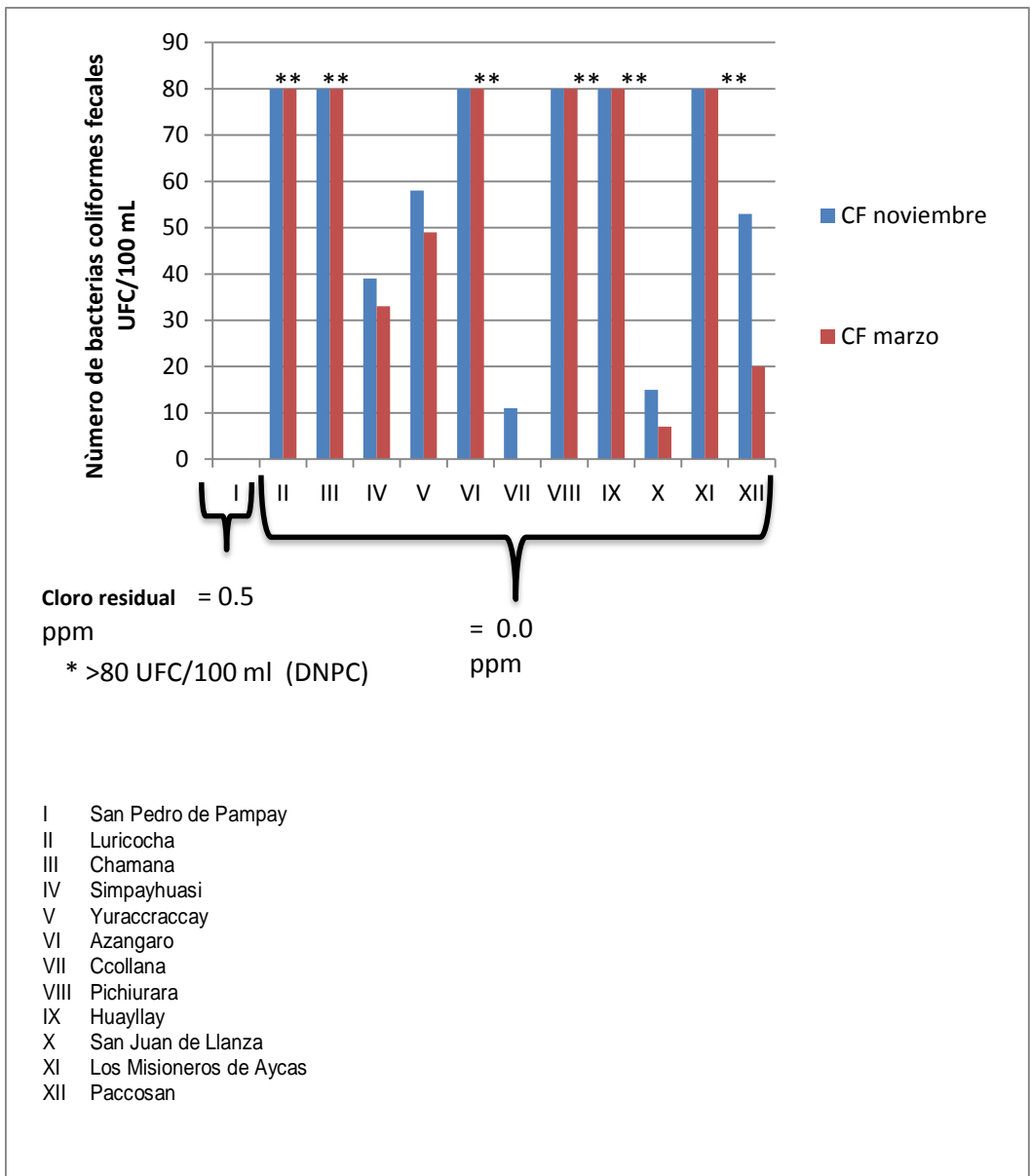


Figura 3. Comparación del número de bacterias coliformes fecales, respecto a la presencia o ausencia de cloro residual, resultados correspondientes al mes de noviembre de 2016 y marzo de 2017, de aguas de consumo humano.

Tabla 8. Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de agua de riego del distrito de Luricocha y comunidades correspondientes a los meses de noviembre 2016 y marzo 2017.

RESULTADO DEL ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUA DE RIEGO														
COMUNIDAD	pH		Conductividad (µS)		sólidos disueltos totales (ppm)		Carbonato (mg CaCO ₃ /L)		Bicarbonato (mg CaCO ₃ /L)		Coliformes totales (NMP/100mL)		Coliformes fecales (NMP/100mL)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Luricocha	7,3	7,8	293	253	139	128	0,0	0,0	135	130	35x10	30x10	34	9
Chamana	7,8	7,6	209	113	105	57	0,0	0,0	120	60	50x10	50x10	30x10	13x10
Simpayhuasi	8,2	7,8	425	265	208	133	0,0	0,0	195	120	35x10	50x10	35	4
Yuraccraccay	8,2	8,2	590	560	302	276	0,0	0,0	285	235	16x10 ²	28x10	16x10	14x10
Azángaro	8,2	8,2	664	285	329	146	0,0	0,0	135	135	90x10	22x10	17x10	90
Ccollana	7,2	7,2	725	713	368	354	0,0	0,0	315	290	17x10	22x10	34	34
Pychiurara	7,2	8,2	262	201	131	101	0,0	0,0	130	100	16x10 ²	22x10	35	11x10
Huayllay	7,8	7,8	440	173	225	86	0,0	0,0	125	80	30x10	17x10	4	26
Pampay	8,2	7,8	308	277	152	141	0,0	0,0	160	115	90	17x10	26	8
Lianza	8,2	7,8	341	140	122	139	0,0	0,0	95	105	17x10	80	14	34
Aycas	8,2	8,2	239	67	118	33	0,0	0,0	120	50	>16x10 ²	13x10	14	34
Paccosan	8,2	8,2	45	202	22	98	0,0	0,0	35	210	35x10	90	17x10	17

Parámetros	pH	Conductividad µS	Sólidos disueltos totales	Carbonato mg CaCO ₃ /L	Bicarbonato mg CaCO ₃ /L	Coliformes totales NMP/100 ml	Coliformes fecales NMP/100ml
LMP*	6,5 a 8,5	< 2000	N.D**	5	570	50x10 ² tallo corto 50x10 ² (3) tallo alto	10x10 ² tallo corto 20x10 ² (3) tallo alto

* Decreto supremo N° 015-2015 MINAM

** No determinado

ppm Partes por millón

µS microSiemens

NMP Numero más probable

LMP Límite máximo permisible

IV. DISCUSIÓN

En la tabla 4, se muestran los resultados de los análisis microbiológicos y biológicos de muestras de agua de consumo humano procedentes del distrito de Luricocha centros poblados o comunidades: (Luricocha, Chamana, San Juan de Llanza, San Pedro de Pampay, Simpayhuasi, Yuraccraccay, Azángaro, Pichiurara, Ccollana, Los Misioneros de Aycas, Paccosan y Huayllay), muestras obtenidas en la época de estiaje (noviembre 2016) y lluvioso (marzo 2017), observamos que tanto para el número de bacterias coliformes totales y coliformes fecales, todas las muestras analizadas presentan valores que están por encima de los LMP establecidos en el DS. 031 – 2010 S.A/DIGESA; se observa también que para el caso del número de las bacterias heterotróficas mesófilas viables, las muestras de agua de tres comunidades (Chamana, Huayllay y San Pedro de Pampay), presentan menos de 500 UFC/mL, para el caso de los organismos de vida libre, el total de las muestras evaluadas están por encima de los LMP establecidos en la norma arriba indicada presentándose en un rango de 3 072 hasta 46 452 org/L de muestra; de acuerdo a la indagación sobre los sistemas de captación y tratamiento de agua, al momento de la colecta de muestras, ningún sistema de captación, presentan sistemas de desarenador, filtración, floculación, sedimentación, etc. Que son los removedores de este tipo de seres vivos aparte de ello tampoco cuentan con un adecuado sistema de desinfección ya que según los resultados obtenidos prácticamente todas las muestras presentan contaminación con bacterias coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterotróficas; generalmente este tipo sistemas se deben a que las fuentes de captación se encuentran expuestas a contaminación de diferentes fuentes. El DS. N° 015 – 2015/MINAM y la OMS, consideran dos tipos de fuentes de agua destinada al consumo humano; aguas superficiales, consideradas como aguas más vulnerables a contaminación por patógenos debido a desbordes fluviales,

desbordes agrícolas, otras formas de contaminación por la fauna silvestre y el acceso de ganado a masas de aguas superficiales, pero que previo tratamiento estas pueden ser destinadas a consumo humano, consideradas como aguas que necesitan ser potabilizadas con tratamientos convencionales y aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos avanzados y las aguas subterráneas son frecuentemente menos vulnerables a la influencia directa de las fuentes de contaminación, debido a los efectos de barrera que ejercen el terreno que las recubre y su zona vadosa, considerándose como aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y aguas que pueden ser potabilizadas previo tratamientos convencionales; por lo tanto, en la realidad de las fuentes de agua para consumo humano en las comunidades de Luricocha, se evidencia que sus fuentes no son tratadas adecuadamente para su conversión en agua potable²⁴.

Por otro lado Flores J, (2009), manifiesta que la existencia de fugas y filtración entre los sistemas de almacenamiento y distribución del agua en el interior de la red de distribución, hacen posible la contaminación por coliformes totales, coliformes fecales, bacterias heterotróficas y organismos de vida libre; por lo que, los resultados obtenidos en nuestra investigación nos hace presumir que las aguas sometidas a análisis son de mala calidad desde la fuente y/o hay una contaminación post captación.

Según la OMS, 1984; OMS, 1985 y Galal-Gorchev, 1986; OMS, 1995. El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor. El agua en el sistema de distribución puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios de distribución defectuosos, grifos contra incendios dañados, y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. Otro factor de recontaminación y de gran importancia en los países en vías de desarrollo donde existe déficit de agua, es la interrupción del sistema de abastecimiento, como resultado de la práctica de rotar el servicio de una a otra área de abastecimiento²³.

En las Tabla 05; se muestran también, los resultados del análisis fisicoquímico de muestras de agua de consumo humano para los parámetros: pH, conductividad, sólidos totales disueltos y dureza total, todas las muestras de agua evaluadas se encuentran con valores dentro del LMP establecido en la norma, en el caso del color y turbiedad, las muestras de agua de las comunidades Simpayhuasi,

Ccollana, Pichurara, Yuraccraccay y Los Misioneros de Aycas que representa el 33,3%, no cumplen con los valores establecidos dentro del LMP, presentando valores para color dentro de 15 – 88 UCV y para la turbidez dentro del rango de 5 – 26 UNT. El color y la turbidez en altas concentraciones dentro del agua son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes ya que el agua considerada pura es azulada en grandes espesores.

Barnechea, Ada (2014); en su libro “Aspectos fisicoquímicos del agua”, señala que la presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua, que pueden ser de origen natural o antropogénico, define su composición física y química.

Para el caso de la evaluación de cloro residual en la red de distribución, solo dos muestras de agua de la época de estiaje (noviembre 2016) y lluvioso (marzo 2017), correspondientes a la comunidad de San Pedro de Pampay, presentan cloro residual con un valor de 0,5 ppm, las otras 22 (91.7%), muestras tomadas en ambas épocas del año correspondientes a las 11 comunidades no presentaron cloro residual, por lo cual podemos decir que no existe o se da un mal manejo del sistema de cloración y por lo tanto una mala desinfección, según el DS. N° 031 – 2010 SA/DIGESA, es importante la presencia de cloro residual a nivel de la red, ya que esta protege el agua de posible contaminación microbiológica a nivel de la distribución¹.

Estupiñan SM y Avila SL (2010), en su investigación titulada “Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundimarca”, evidenciaron que la mayoría de las muestras no cumplían con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano⁵.

Según lo establecido en el DS N° 031- 2010 S.A y la Organización Mundial de la Salud (OMS), 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 mg/L 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. Cuando se detecte la presencia de uno o más parámetros químicos que supere el límite máximo permisible, en una muestra

tomada en la salida de la planta de tratamiento, fuentes subterráneas, reservorios o en la red de distribución, el proveedor efectuará un nuevo muestreo y de corroborarse el resultado del primer muestreo investigará las causas para adoptar las medidas correctivas, e inmediatamente comunicará a la Autoridad de Salud de la jurisdicción, bajo responsabilidad, a fin de establecer medidas sanitarias para proteger la salud de los consumidores y otras que se requieran en coordinación con otras instituciones del sector; como se ha observado en la presente investigación, estas actividades de vigilancia y/o prevención sugeridas por en el DS N° 031 – 2010 SA/DIGESA y la OMS, no son realizadas por las autoridades competentes²³.

En la Tabla 6, se representan los resultados globales del análisis microbiológico, biológico y fisicoquímico de aguas de consumo humano de un total de 24 que representa el 100% de muestras de agua, correspondiente a la época de estiaje (noviembre 2016) y lluvioso (marzo 2017), obtuvimos los siguientes resultados en los diversos parámetros: El 100% (24), de las muestras de agua se encontraron contaminadas con bacterias coliformes totales, por lo tanto no cumple con el LMP establecido, para el caso de los coliformes fecales el 87,5 % (21) de las muestras contienen altos niveles de este grupo bacteriano, para el caso de las bacterias heterotróficas mesófilas viables el 58,3% (14) de las muestras presentan valores superiores a 500 UFC/mL; el 100% (24) de las muestras de agua evaluadas presentan altos valores de organismos de vida libre, en contraposición a lo que exige la norma respectiva, de ausencia de organismos de vida libre por litro de muestra.

Para el caso del análisis fisicoquímico, el 33,3% (8), no cumplen con el LMP establecido para el color del agua de consumo humano, el 29,2% (7) de las muestras evaluadas para el caso de turbiedad no cumplen con el LMP, para el caso de los parámetros pH, conductividad, sólidos totales disueltos y dureza total el 100% de las muestras cumplen con el LMP y finalmente para el caso del cloro residual el 91,7% de las muestras evaluadas no cumplen con los valores establecidos el LMP del DS N° 031 – 2010 SA/DIGESA.

En los Figuras 1; 2 y 3, de comparación de los resultados del número de bacterias heterótroficas mesófilas viables (BHMV), coliformes totales y coliformes fecales, respecto a la presencia de cloro residual ($\geq 0,5$ ppm) y ausencia de este desinfectante, se puede observar que la única muestra de agua que presenta cloro residual, correspondiente a la comunidad de San Pedro de Pampay,

presenta bacterias heterótrofas mesófilas viables en un rango de 81 – 215 UFC/mL, coliformes totales de 5 – 18 UFC/100mL y ausencia de coliformes fecales en 100mL, respecto a los resultados de las muestras de las 11 comunidades que no presentan cloro residual en su evaluación y que presentan en alto número de BHMV en un rango de 55 - > 3 168 UFC/mL, coliformes totales de 6 – >80 UFC/100mL y coliformes fecales en un rango de 0 – > 80 UFC/100mL. Como bien nos indica el DS N° 031 – 2010 S.A/DIGESA, la presencia de estas bacterias son de riesgo para la salud por lo que los responsables del manejo de agua de consumo del distrito de Luricocha, ya sea responsable municipal, presidente del JASS y responsable del Centro de Salud CLASS Luricocha, se encuentran en la obligación de realizar constante monitoreo de la calidad del agua de consumo humano ya que; según las Guías para la calidad de agua potable de la organización mundial de la salud (OMS), La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro. Esta importancia de la aplicación de este desinfectante se demuestra en nuestro trabajo, donde se observa que la muestra que tiene cloro, evidencia de que fue desinfectado, ya que muestra menos carga microbiana en comparación de las muestras que no tienen cloro o no fueron desinfectadas²³.

De acuerdo a las guías para la calidad de agua potable de la OMS; la desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución. El análisis de aguas limpias y residuales para detectar patógenos es limitado y la prueba de coliformes no siempre es un indicador adecuado de la inocuidad microbiológica del agua. Sin embargo, el análisis de coliformes ha sido y continúa siendo una herramienta útil para valorar la calidad del agua²³.

Como indica el DS N° 031 – 2010 S.A/DIGESA, 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 mg/L de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0,3 mg/L y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT)²².

En la Tabla 7, del resumen global del análisis de la calidad de agua de consumo humano, podemos observar que en ninguna época del año el agua cumple con los valores establecidos en el LMP del DS N° 031 – 2010 S.A/DIGESA, basta que uno de los parámetros analizados para una muestra de agua no cumpla, entonces esta agua no se encuentra en calidad de consumo, más aún en estos casos donde todas las muestras analizadas presentan valores de coliformes totales, coliformes fecales, bacterias heterótrofas mesófilas viables y organismos de vida libre, por encima de los valores estimados en el LMP, es por ello y otros parámetros que las muestras de agua correspondientes a las 12 comunidades del distrito de Luricocha no cumplen con los valores establecidos en la norma arriba indicada; por lo tanto, no serían aptas para consumo humano.

Olivera, A. (2012), en su investigación titulada “calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos, Ayacucho”, indica que, el 100% de muestras de agua analizadas superan los límites máximos permisibles (LMP) de coliformes totales y termotolerantes establecidos, encontrándose en un rango de 1 a 1000 UFC/100ml. Para el caso de BHMV el 59 % de las muestras sobrepasa el LMP, hallándose dentro de un rango de 540 a 18×10^3 UHC/ml. En el 100% de muestras de valores de dureza, alcalinidad y cloruros se encuentran dentro de los LMP, en el caso de pH el 85% cumple con el parámetro, en el caso de turbidez el 79% de muestras están dentro del LMP. Para el cloro residual se tuvo ausencia en todas las muestras. Donde concluye indicando que el 100% de muestras de agua para consumo humano de las 34 comunidades no cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, por ellos no son aptas para el consumo humano¹⁰.

Según el DS N° 031- 2010 S.A/DIGESA, toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de: bacterias coliformes totales, termotolerantes, organismos de vida libre: como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C. Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la

inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia²².

En la Tabla 8; se muestran los resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de muestras de agua de riego procedentes del distrito de Luricocha, centros poblados o comunidades de: Luricocha, Chamana, San Juan de Llanza, San Pedro de Pampay, Simpayhuasi, Yuraccraccay, Azángaro, Pichiurara, Ccollana, Los Misionero de Aycas, Paccosan y Huayllay. Podemos observar que según los resultados obtenidos y para las evaluaciones correspondientes al mes de noviembre 2016 y marzo 2017, para los parámetros: pH, conductividad, sólidos totales disueltos, carbonatos, bicarbonatos y en el caso microbiológico: coliformes totales y coliformes fecales, todos los resultados se encuentran dentro de los valores establecidos en los LMP del DS N° 015 – 2015 MINAM, esto debido a que los riachuelos o fuentes de agua de riego no se encuentran expuestas a grandes contaminaciones o vertimientos de desechos que puedan alterar el estado natural del agua de riego. Según el Ministerio de Agricultura, julio de 2003, Es el recurso hídrico imprescindible para el desarrollo de las plantas. El éxito de la agricultura bajo riego, depende en gran medida de la “Calidad del Agua”, porque puede influir, modificando las características propias del suelo, así como en el rendimiento de los cultivos, si transporta sales en cantidades excesivas que afecten a la planta.

Según García A (2010); la calidad de agua para riego ha sido objeto de innumerables investigaciones orientadas hacia la evaluación y definición de parámetros para clasificar sus características físicas y químicas. Cuando la cantidad de sales que entran en la solución del suelo excede a la cantidad que es removida por el agua de riego en su movimiento a través del perfil del suelo se presentan problemas los cuales pueden variar en clase y magnitud dependiendo de la concentración y el tipo de sales disueltas, ya que los suelos y las plantas reaccionan de manera diferente a diferentes sales. En la práctica el clima, las

condiciones físicas de los suelos, la mineralogía de las arcillas, el tipo de agricultura predominante, el cultivo a sembrar y las características particulares de cada caso son los parámetros que van a determinar en qué forma la acumulación de sales puede restringir la producción de los cultivos. Por estas razones, se considera que los criterios a usar para clasificar el agua de riego no pueden ser rígidos y se deben de basar en las condiciones propias de cada caso. Los problemas más comunes resultantes del uso de agua para riego se relacionan con salinidad, alcalinidad, infiltración del agua en el suelo, toxicidad de iones presentes en ella, combinaciones de los anteriores y efectos causados por sólidos en suspensión, metales pesados, corrosividad, etc. Las anteriores propiedades pueden inducir desbalances nutricionales y la consecuente reducción en cantidad y calidad de la cosecha, o también ocasionar daños y corrosión en los equipos de riego, bloqueo de tuberías de drenaje y la producción de sólidos en suspensión pueden volver al agua como no apta¹⁵.

V. CONCLUSIONES

1. El 100% de muestras de agua de consumo humano, no cumplen con los valores establecidos dentro del DS N° 031 – 2010 SA/DIGESA, para los parámetros evaluados y el 100 % de muestras de agua de riego, cumplen con los valores establecidos dentro del DS N° 015 – 2015 MINAM, para los parámetros evaluados.
2. De acuerdo a la evaluación microbiológica y fisicoquímica de aguas de consumo humano tenemos los siguientes resultados: el 100% de muestras de agua presentan contaminación por coliformes totales y organismos de vida libre, el 87,5% de muestras presentan coliformes fecales, el 58.3% de muestras presentan más de 500 UFC/mL de bacterias heterótrofas mesófilas viables, el 33,3% no cumple para color, el 29,2% para el caso de turbiedad y el 91,7% de muestras de agua no presenta cloro residual.
3. Al llevar a cabo la evaluación microbiológica y fisicoquímica de muestras de aguas de riego obtuvimos los siguientes resultados: el 100% de las muestras cumplen con los valores de; pH, conductividad, carbonatos, bicarbonatos, coliformes totales y coliformes fecales, valores que se encuentran del LMP establecido en la norma correspondiente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo la evaluación de metales pesados en muestras de aguas de consumo humano y riego en el distrito de Luricocha, ya que no se conoce un estudio de estos.
2. Se debe tomar en cuenta nuevas técnicas para la determinación de coliformes totales y fecales hasta llegar al reconocimiento del tipo de bacterias presentes en las muestras de agua de consumo humano.
3. Llevar a cabo la evaluación de parásitos en agua de consumo humano y en aguas de riego.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Barrenechea A, Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Capítulo 1-2011
2. Paredes, P, Implementación del protocolo para la determinación de coliformes fecales y totales. Universidad Tecnológica de Pereira – 2014.
3. Cázares, I., Alcántara, JJ., análisis microbiológico de la calidad del agua de ciudad Nezahualcóytl, acorde a la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994
4. Mejía, MR, Turrialba, C, Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Costa Rica, 2005
5. Estupiñán, SC, Avila SL, Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca – 2010.
6. Aguilar NDC, Determinación de Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para agua apta para consumo humano de Concepción Quezaltepeque, Chalatenango. San salvador, el salvador, Centroamérica. Septiembre 2012.
7. Rubio H, Balderrama, LR, Burrola, E, Aguilar GN y Saucedo, RA, Niveles de contaminación del agua potable en la cabecera municipal de Ascensión, Chihuahua, México. 2007
8. Zavalaga, E. Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua embotellada, comercializada en la ciudad de Tacna- 2013.
9. Calla, HJ, Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. Lima – Perú 2010
10. Olivera, A. Calidad fisicoquímica y microbiológica de agua de consumo humano del distrito de Acos Vinchos, Ayacucho 2012.
11. Gleick, Peter H. Agua del Mundo: El informe sobre recursos de agua dulce. Washington. 10 de noviembre de 2006.
12. Marín, R. 2010. “Características físicas, química y biológicas del agua”. Disponible http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf
13. Cátedra, S. 2010. “Agua el elixir de la vida”. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Biología. Argentina – Buenos Aires. Disponible en: <http://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201b.pdf>
14. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DSN°031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud Lima 2011
15. García. Enfermería Comunitaria Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente Girbau. Salud Pública. Masón - 2002
16. Sociedad Nacional de Minería-Petróleo y Energía-informe quinquenal de la snmpe. febrero 2012
17. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DSN°031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud Lima 2011
18. Ramos L, Vidal L, Vilardey S, Saavedra L. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano – Colombia junio del 2008.
19. Fuentes, A; Lampas N, Calidad microbiológica del agua de consumo humano. México – 2007.
20. Ashbolt NJ, Grabow WOK y Snozzi M, 2001: Indicators of microbial water quality. En: Fewtrell L, Bartram J, (eds.) *Water quality: Guidelines, standards and health* –Serie de monografías de la OMS sobre el agua (*Water Series*). Londres (Reino Unido), IWA Publishing, págs. 289–315
21. Barnechea M. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua – 2008

22. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DSN°031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud Lima 2011
23. <http://www.lenntech.es/aplicaciones/potable/normas/estandares-calidad-agua-oms.htm>
24. Marco normativo de la calidad de Agua para uso poblacional y Riego DSN° 015-2015 MINAM, establecida el 30 de julio del 2008 por el Ministerio del Ambiente.
25. Chuchón, S. Guía de práctica de Microbiología Ambiental. Ayacucho - 2015
26. APHA, AVVWA, WPCF.1992. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Pollution Control Federation. Ediciones Díaz Santos S.A. 17 Edición. USA
27. Chuchón, S. Guía de práctica de Microbiología Ambiental. Ayacucho - 2015
28. Manual de procedimientos de análisis de agua: análisis bacteriológico, físico y químico. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS–1997).

ANEXOS

Anexo 1. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos/
DS N° 031 – 2010 - S.A

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/ 100 mL a 35 °C	0 (*)
2. E.Coli	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes fecales	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35 °C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N°org/L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre. Como algas, protozoarios, copéodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos.	N°org/L	0

*UFC= unidadesformadoras de colonias

Anexo 2. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica / DS N° 031 - 2010 S.A

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	----	Aceptable
2. Sabor	----	Aceptable
3. Color	UCV escala de Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg/L	1 000
8. Cloruros	mgCl/L	250
9. Sulfatos	mg/SO ₄ /L	250
10. Dureza total	mgCaCO ₃ /L	500
11. Amoniacó	mgN/L	1,5
12. Hierro	mgFe/L	0.3
13. Manganeseo	mgMn/L	0.4
14. Aluminio	mgAl/L	0,2
15. Cobre	mgCu/L	2,0
16. Zinc	mgZn/L	3,0
17. Sodio	mgNa/L	20

*UCV= unidad de color verdadero

*UNT= Unidad nefelométrica de turbiedad

Anexo 3. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales - DS N° 015 – 2015 – MINAM

PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARAMETROS FISICOQUIMICOS	UNIDAD	VALOR
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100 – 700
Conductividad	(µS/cm)	< 2 000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	15
Demanda química de oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos – P	mg/L	1
Nitratos (NO ₃ – N)	mg/L	10
Nitritos (NO ₂ – N)	mg/L	0,06
Oxígeno disuelto	mg/L	>=4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
INORGANICOS		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5 – 6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
ORGANICOS		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M (detergentes)	mg/L	1
PLAGUICIDAS		
Aldicarb (CAS 309 – 00 – 2)	µg/L	1
Aldrín (CAS 57 – 74 – 9)	µg/L	0,004
Clordano (CAS 57 – 74 – 9)	µg/L	0,3
DDT	µg/L	0,001
Dieldrín	µg/L	0,7
Endrín	µg/L	0,004
Paratión	µg/L	7,5
Endosulfan	µg/L	0,02
Heptacloro (N° 76-44-8) y heptacloripoxido	µg/L	0,1
Lindano	µg/L	4

Anexo 4. Relaciones de alcalinidad respecto a la concentración de carbonatos y bicarbonatos tomado del APHA (1992).

RESULTADOS DE LA TITULACION	ALCALINIDAD DE HIDROXIDO (CaCO ₃)	ALCALINIDAD DE CARBONATO (CaCO ₃)	CONCENTRACION DE BICARBONATO (CaCO ₃)
P = 0	0	0	T
P < ½ T	0	2P	T - 2P
P = ½ T	0	2P	0
P > ½ T	2P - T	2(T - P)	0
P = T	T	0	0

P = alcalinidad de fenolftaleína (mg/L) CaCO₃

T = alcalinidad total (mg/L CaCO₃)

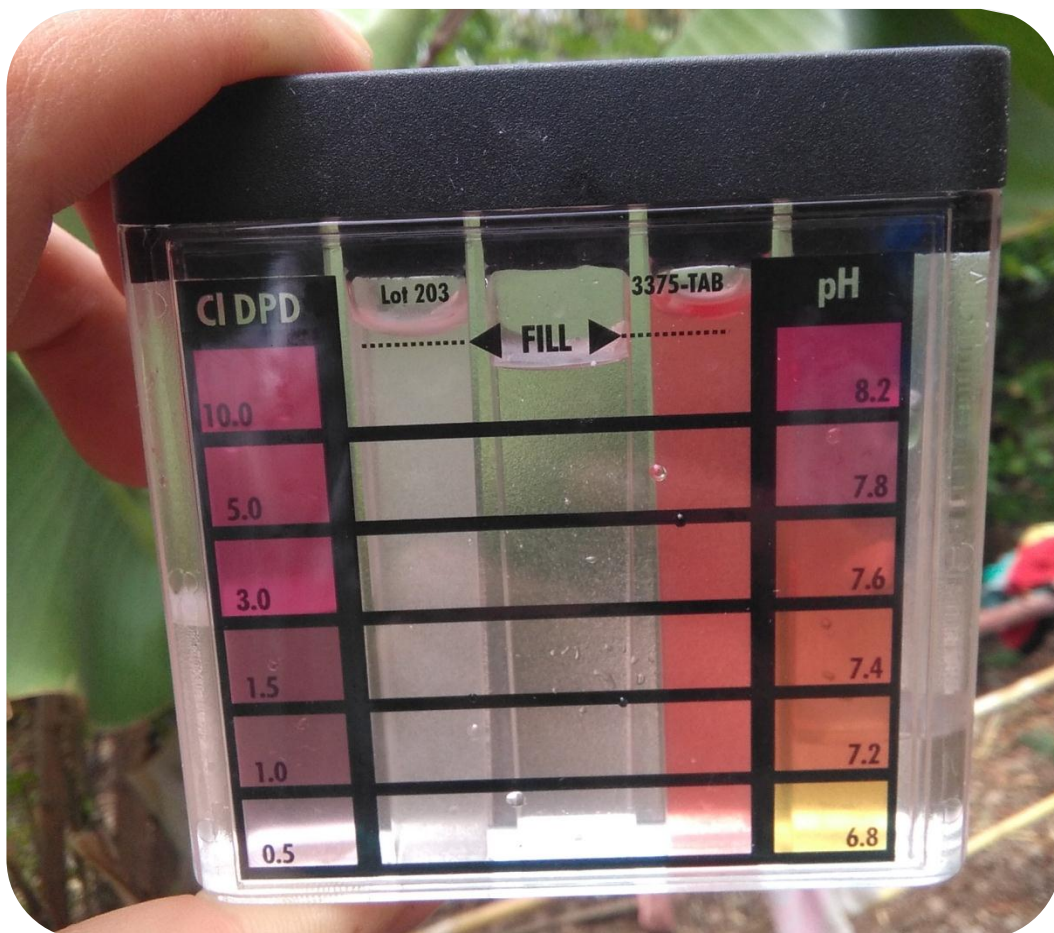
Anexo 5. Proceso de la toma de muestra de agua de riego de la poza de almacenamiento del distrito de Luricocha, Huanta - Ayacucho 2016 - 2017.



Anexo 6. Obtención de muestras de agua de consumo humano a nivel de domicilio en el distrito de Luricocha, Huanta - Ayacucho 2017.



Anexo 7. Escala para determinar cloro residual y pH, a nivel de domicilio, esto llevado a cabo con el comparador colorimétrico, en el distrito de Luricocha, Huanta - Ayacucho 2016 - 2017.



Anexo 8. Condiciones de transporte de las muestras de agua en *Cooler* con pack refrigerantes, estas obtenidas en el distrito de Luricocha, Huanta – Ayacucho 2016 – 2017



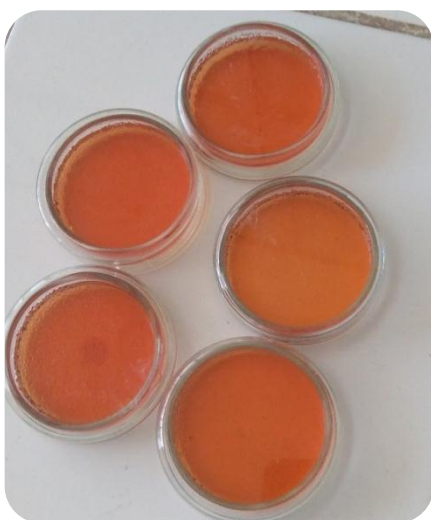
Anexo 9. Flujoograma de preparación del medio m-Endo



1. Pesar el Agar m – Endo.



2. Al lado del mechero añadir en el agua destilada estéril



5. Distribuir en placas petri



4. Diluir en el mechero, pero no hacer hervir

Anexo 10. Flujograma de preparación del medio m- FC



1. Pesar el Agar m – FC.



2. Al lado del mechero añadir en el agua destilada estéril



4. Diluir en el mechero, pero no hacer hervir



5. Distribuir en placas petri

Anexo 11. Flujograma del proceso de filtración de agua de consumo humano



1.- Desinfectar el equipo de filtración y llevar a cabo el armado



2.- Una vez armado el equipo de filtración, colocar el filtro de membrana en la zona marcada



4.- Retirar el vaso y con sumo cuidado retirar la membrana, para ser colocada en la placa contenida de agar m – Endo y m – FC



3.- Colocar el vaso y verter el agua hasta el volumen indicado 100 mL y filtrar

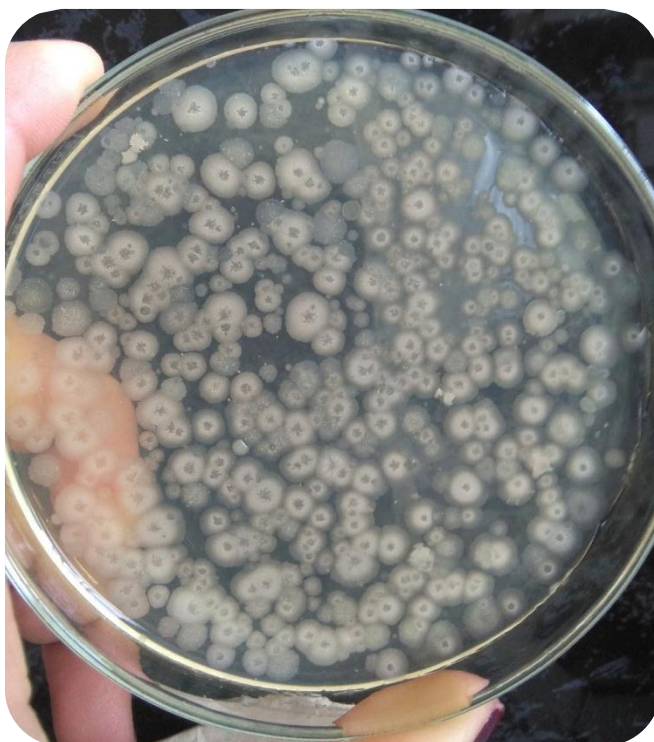
Anexo 12. Colonias de bacterias coliformes totales, observadas en medio m – ENDO, obtenidas a partir de muestras de agua de consumo humano del distrito de Luricocha – 2601 - 2017.



Anexo 13. Colonias de coliformes fecales, estas observadas en agar m – FC, obtenidas a partir de muestras de agua de consumo humano del distrito de Luricocha – 2016 – 2017.



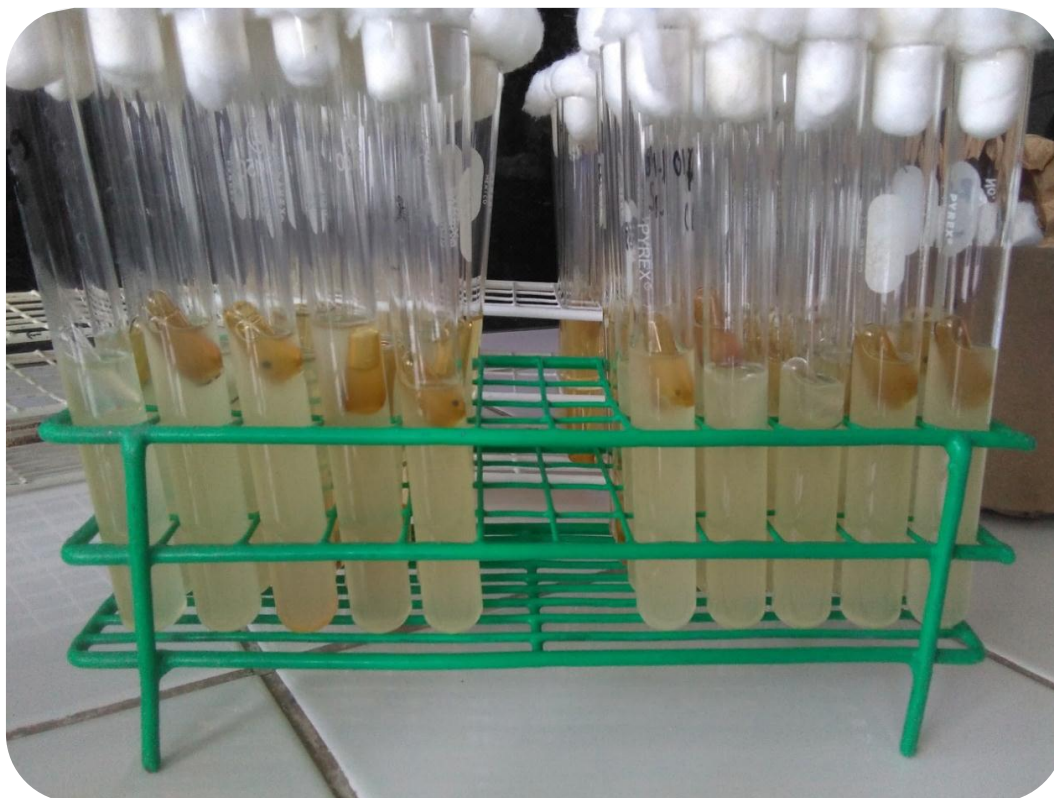
Anexo 14. Colonias de bacterias heterótrofas mesófilas viables, estas obtenidas a partir de la siembra por incorporación de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha – 2016 – 2017.



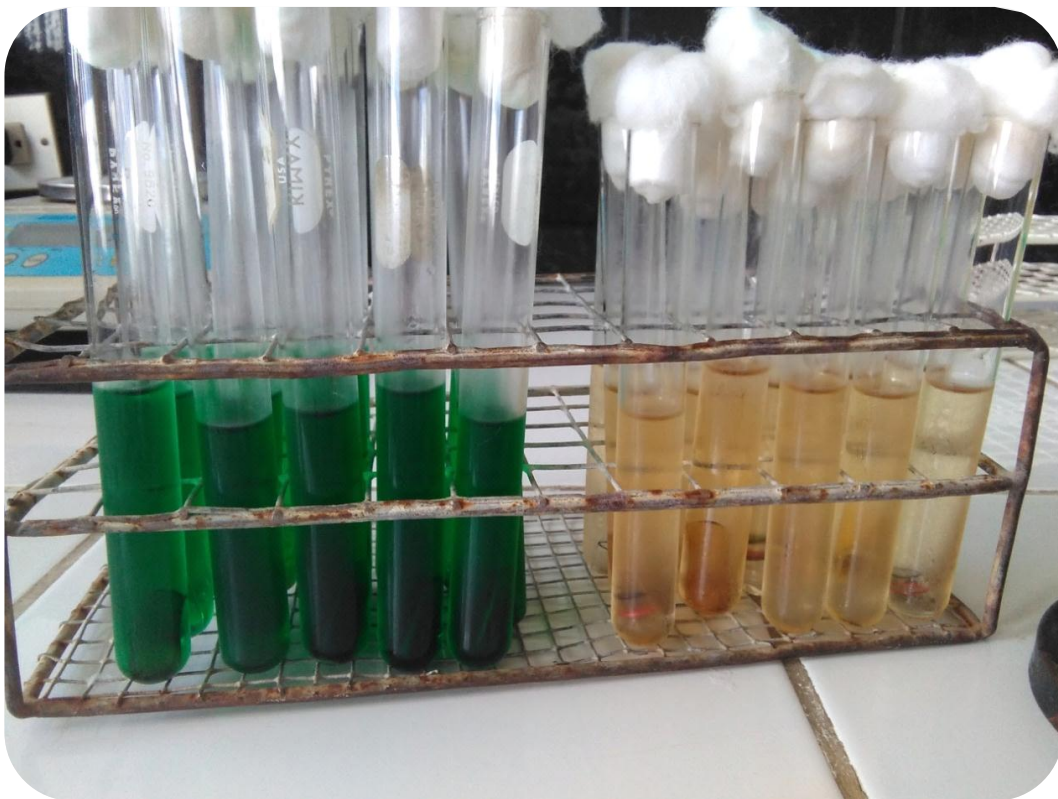
Anexo 15. Microfotografía de la observación a aumento de 40X, de organismos de vida libre en muestras de agua de consumo humano del distrito de Luricocha, Huanta – Ayacucho 2016 – 2017.



Anexo 16. Tubos múltiples con caldo Lauryl sulfato triptosa, de la prueba presuntiva de coliformes, realizado en agua de riego del distrito de Luricocha – 2016 – 2017.



Anexo 17. Tubos múltiples de la prueba confirmativa con caldo lactosado verde brillante bilis y caldo *Escherichia coli*, realizado en aguas de riego del distrito de Luricocha – 2016 – 2017.



Anexo 18. Imagen mostrando el multiparametro realizando la medición de sólidos totales disueltos y conductividad, esto en aguas de consumo humano y riego del distrito de Luricocha – 2016 – 2017.



Anexo 19. Matracas Erlenmeyer mostrando muestras de la titulación, para determinar dureza de aguas de consumo humano del distrito de Luricocha – 2016 – 2017.



Anexo 20. Matriz de consistencia

Título: calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego - distrito de Luricocha de la provincia de Huanta – Ayacucho 2016 - 2017.

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	MARCO TEORICO	METODOS
¿Cuál será la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Luricocha, en época de estiaje y en época de lluvia?	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la calidad de las aguas de consumo humano y de riego en el distrito de Luricocha, Provincia de Huanta - Ayacucho, bajo el marco legal establecido en el DS N° 031 – 2010 MINSa para agua de consumo humano y según el DS N° 002 – 2008 MINAN, establecido en los estándares Nacionales de la Calidad Ambiental (ECA). 	En estudio	A nivel mundial, el agua forma parte de todos los procesos naturales, por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida. Debido a que cada organismo depende del agua, ésta se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Pero también el agua es un recurso limitado, muy vulnerable y escaso en los últimos años, y no existe una conciencia globalizada sobre el manejo razonable que se debe ejercer.	Las pruebas biológicas a realizarse serán según, Métodos estandarizados para la exanimación de agua y aguas residuales APHA - 2005 2da edición. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS - 1997). Manual de procedimientos de análisis de agua: análisis bacteriológico, físico y químico.
	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la calidad microbiológica en agua de consumo humano y riego del distrito de Luricocha, bajo el marco legal establecido en el DS N° 031 – 2010 MINSa para agua de consumo y según el DS N° 002 – 2008 MINAN establecido para aguas de uso poblacional y riego. - Determinar la calidad fisicoquímica en agua de consumo humano y riego, bajo el marco legal establecido en el DS N° 031 – 2010 MINSa para agua de consumo y según el DS N° 002 – 2008 MINAN establecido para aguas de uso poblacional y riego. 			