

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA
CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS,
PROVINCIA SAN ROMAN, DEPARTAMENTO DE PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARITZA BLANCO COAQUIRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
 FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS, PROVINCIA SAN ROMAN, DEPARTAMENTO DE PUNO.

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARITZA BLANCO COAQUIRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE : _____
Nicanor Miguel Bravo Choque

Dr. NICANOR MIGUEL BRAVO CHOQUE

PRIMER MIEMBRO : _____
Gilmar Gamaliel Goyzueta Camacho

M.Sc. GILMAR GAMALIEL GOYZUETA CAMACHO

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Herminio Rene Alfaro Tapia

Blgo. HERMINIO RENE ALFARO TAPIA

DIRECTOR / ASESOR : _____
Martha Elizabeth Aparicio Saavedra

Mg. MARTHA ELIZABETH APARICIO SAAVEDRA

Área : Ciencias Biomédicas
Tema : Calidad de agua

FECHA DE SUTENTACION 28 DE DICIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgencita del Carmen por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además, de su infinita bondad y amor.

Con mucho cariño e inmensa gratitud a mis adorados, incomparables y admirables padres Cerilo y Marcosa, por ser los pilares fundamentales en el logro de mi noble profesión, además, con sus alientos y paciencia supieron inculcarme en mi los principios y valores de la vida, sobre todo por guiarme en el buen camino que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis queridos hermanos Jorge Luis, Gladys, Estanislao y Martha, por sus ejemplos, motivación constante, comprensión y sobre todo por el apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.

De: Maritza Blanco

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a mi querida Escuela Profesional de Biología, alma mater que me albergó en sus aulas, durante mi formación profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Biología, el más sincero agradecimiento por haberme transmitido sus conocimientos académicos y experiencia laboral.

A la Dra. Martha Elizabeth Aparicio Saavedra, Director de Tesis, por brindarme su apoyo, amistad y tiempo dedicado para guiarme durante el proceso que ha llevado en realizar el presente proyecto de tesis.

Al Lic. Lorgio Palacios, Asesor de Tesis, por brindarme su amistad, asesoría, compartir sus conocimientos, apoyo constante y exigencia para la ejecución y culminación de la presente tesis.

A los distinguidos miembros del jurado Dr. Nicanor Miguel Bravo Choque, M.Sc. Gilmar Gamaliel Goyzueta Camacho y Blgo. Herminio Rene Alfaro Tapia, por acceder amablemente formar parte del mismo, por su apoyo, amistad, consejos y que gracias a ellos pude ejecutar mi trabajo de investigación.

A todos mis amigos y compañeros, que me brindaron su sincera amistad y me permitieron conocerlos y compartir tantas experiencias maravillosas y por todos aquellos momentos inolvidables.

De: Maritza Blanco

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Objetivos de la investigación	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Marco Teórico	14
2.2.1. El agua.....	14
2.2.2. Agua Potable.	14
2.2.3. Contaminación del agua.	15
2.2.4 Características bacteriológicas y fisicoquímicas del agua potable para consumo humano.....	15
2.2.5 Normas de la calidad de agua potable en el Perú.	18
2.3. Marco conceptual.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Ubicación geográfica del estudio	23
3.2. Periodo de Duración del estudio	23
3.3. Procedencia del material utilizado	23
3.4. Población y tamaño de muestra.....	24
3.5. Diseño estadístico.....	24
3.6. Procedimiento	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	34
4.1. Parámetros fisicoquímicos en el ojo de agua Cohallaca, reservorio y red domiciliaria Cabanillas.....	34
4.2. Parámetros bacteriológicos en el ojo de agua Cohallaca, reservorio y red domiciliaria Cabanillas.....	39
V. CONCLUSIONES	43
VI. RECOMENDACIONES	44
VII. REFERENCIAS.....	45
VIII. ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de calificación de la calidad de agua potable segun (MINAM, 2015). .	19
Tabla 2. Tabla de calificación de Límites máximos permisibles de parámetros bacteriológicos para calidad de agua (MINAM - 2015).	20
Tabla 3. Número de muestras de agua por zona y tiempo de muestreo en el distrito de Cabanillas 2018.....	24
Tabla 4. Promedios de la calidad de agua de los parámetros físicos en el ojo de agua, reservorio y red domiciliaria – Cabanillas 2018.	34
Tabla 5. Promedios de la calidad de agua de los parámetros químicos del ojo de agua, reservorio y red domiciliaria – Cabanillas – 2018.	37
Tabla 6. Promedios de la calidad de agua de los parámetros bacteriológicos en el ojo de agua Cohallaca, reservorio y red domiciliaria – Cabanillas – 2018.	39
Tabla 7. Comparación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano del distrito de Cabanillas - 2018.....	42

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANA: Autoridad Nacional del Agua.

°C = Grados centígrados

DIGESA = Dirección General de Salud Ambiental

D.S. = Decreto supremo

L = Litro

LMP = Límites Máximos Permisibles

Mg = miligramos

MI = Mililitros

MINAM: Ministerio del Ambiente.

m.s.n.m = metros sobre el nivel del mar

NMP = Numero más Probable

OMS: Organización Mundial de la Salud.

pH: Potencial de Hidrogenión.

RESUMEN

La investigación se realizó en el distrito de Cabanillas de la provincia de San Román de la Región de Puno. Durante los meses de Agosto a Octubre del 2018. Los objetivos fueron: Medir los principales parámetros físico químicos y bacteriológicos en el ojo de agua - Cohallaca del distrito de Cabanillas; Medir los principales parámetros Físico químicos y bacteriológicos en el reservorio del distrito de Cabanillas y Determinar la calidad físico química y bacteriológica del agua de consumo humano en la distribución domiciliaria del distrito de Cabanillas. Se aplicó la metodología de la resolución jefatural N° 010 – 2016 - ANA, manual de análisis HACH (2000), y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano MINAM (2015), La metodología que se aplicó para este trabajo fue de tres muestreos en cada punto durante tres meses de evaluación. Los resultados obtenidos para parámetros fisicoquímicos con mayor valor son: en el ojo de agua temperatura $11.69\text{ }^{\circ}\text{C}$, conductividad eléctrica $906.67\text{ DE} \pm 92.91\text{ }\mu\text{S/cm}$, cloruros $151.27\text{ DE} \pm 53.07$ y pH 7.20 y en la red domiciliaria dureza total $394.13\text{ DE} \pm 31.29\text{ mg/L}$ y alcalinidad $252.91\text{ DE} \pm 150.12$ y para los parámetros bacteriológicos en el reservorio con sólidos disueltos totales $370\text{ DE} \pm 34.64\text{ mg/L}$, coliformes totales $303.33\text{ DE} \pm 136.50$ y coliformes fecales con $200\text{ NMP/100 ml DE} \pm 45,83$. La contaminación de las aguas para consumo humano tiene importancia en la salud, y la presencia de coliformes fecales y totales son los indicadores de la calidad ambiental de agua; Siendo estos valores muy elevados para ayudar a determinar que estas aguas no son aptos para consumo humano.

Palabras clave: Agua potable, calidad de agua, calidad bacteriológica, contaminación ambiental, parámetros.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the Cabanillas district of the San Román province of the Puno Region. During the months of August to October of 2018. The objectives were: To measure the main physical and bacteriological parameters in the eye of water - Cohallaca of Cabanillas district; Measure the main physical and bacteriological parameters in the Cabanillas district reservoir and determine the physical, chemical and bacteriological quality of the water for human consumption in the residential distribution of the district of Cabanillas. The methodology of the head resolution N ° 010 - 2016 - ANA, HACH analysis manual (2000), and the regulation of water quality for human consumption MINAM (2015), was applied. The methodology applied for this work was three samples at each point during three months of evaluation. The results obtained for physicochemical parameters with greater value are: in the water eye temperature 11.69° C, electrical conductivity $906.67 \text{ SD} \pm 92.91 \mu\text{S} / \text{cm}$, chlorides $151.27 \text{ SD} \pm 53.07$ and pH 7.20 and in the home network total hardness $394.13 \text{ SD} \pm 31.29 \text{ mg} / \text{L}$ and alkalinity $252.91 \text{ SD} \pm 150.12$ and for bacteriological parameters in the reservoir with total dissolved solids $370 \text{ SD} \pm 34.64 \text{ mg} / \text{L}$, total coliforms $303.33 \text{ SD} \pm 136.50$ and fecal coliforms with $200 \text{ MPN} / 100 \text{ ml SD} \pm 45.83$. The contamination of water for human consumption is important in health, and the presence of fecal and total coliforms are indicators of the environmental quality of water; these values are very high to help determine that these waters are not suitable for human consumption.

Keywords: Drinking water, water quality, bacteriological quality, environmental contamination, parameters.

I. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es esencial para el consumo humano, el cual está evidenciando uno de los problemas más señalados en la sociedad a nivel mundial, por la limitada cantidad de agua dulce existente en la tierra, y su calidad está sometida a una presión constante. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos, radiaciones, el cambio climático y la destrucción de ecosistemas por la acción inconsciente o irresponsable del hombre; en los últimos siglos han motivado que el acceso al agua potable sea una de los grandes problemas pendientes de la mayoría de los países del mundo, en especial de aquellos con recursos hídricos y económicos más limitados. El agua de consumo humano debe cumplir parámetros de calidad para ser considerado inocuo y no dañe la salud de los usuarios. La calidad del servicio de agua y saneamiento es muy deficiente, principalmente al interior del país; 1 de cada 5 peruanos no cuentan con acceso a agua potable, y en regiones como Huancavelica, Ucayali, Loreto, Cajamarca y Pasco, solo tiene acceso entre 51% y 60% de hogares; en la población rural únicamente 2% cuenta con servicio; además, 6 millones de peruanos no cuentan con saneamiento, en la ciudad de Lima, más de 1 millón no tiene agua potable, según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la capital sufre escasez severa de agua por su expansión demográfica, cambio climático y su ineficiente uso (30% del agua producida no es facturada por uso clandestino y fugas en redes de distribución). En la región de Puno existen Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento (EPS): como EMSAPUNO S.A., SEDAJULIACA S.A. y EPS NORPUNO S.A, para una población de 1 millón 172 mil 697 habitantes distribuidas en 13 provincias, siendo de agua potable 63.2% y desagües 41.0%. Además, en la mayoría de lugares no cuenta con sistema de tratamiento básico; en tal sentido las exigencias higiénicas son más rigurosas

si una fuente acuática se desea destinar al consumo humano de una población, exigencias que están siendo cada vez menos satisfechas, por la contaminación que se observa mediante la presencia de contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos. El agua de consumo humano debe cumplir con los parámetros de calidad para ser considerado inocuo y no dañe la salud de los usuarios. El distrito de Cabanillas no cuenta con una empresa prestadora de servicios de agua potable y sistemas de saneamiento, abasteciéndose de ojos de agua del COHALLACA, el cual es captado a un reservorio primario, donde no se realiza ningún tipo de tratamiento, a partir del cual se realiza la distribución a las piletas domiciliarias de la población. Motivo por el cual se presume que el agua que se está consumiendo presente contaminación bacteriológica.

1.1. Objetivos de la investigación

Objetivo general.

Evaluar la calidad de agua para consumo humano en el distrito de Cabanillas.

Objetivos específicos.

- Medir los principales parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del ojo de agua de Cohallaca del distrito de Cabanillas.
- Medir los principales parámetros Fisicoquímicos y bacteriológicos en el reservorio del distrito de Cabanillas.
- Determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano en la distribución domiciliaria del distrito de Cabanillas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes.

La variación de temperatura en el agua influye en sus reacciones químicas (Gonzales, 2011), como el agua subterránea de la comunidad de Carata fluctúan entre un mínimo de 13°C a un máximo de 14°C (Belizario, 2011), en pozos artesanales 14.49 ± 0.38 °C y en pozos tubulares 14.52 ± 0.40 en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca (Calsin, 2016) .

La conductividad eléctrica en agua potable para consumo humano en Huancayo es de 474.49 uS/cm (Flores, 2017), en el manantial de shita la conductividad eléctrica es punto 1 min. 226 uS/cm y máx. 335 uS/cm, punto 2 min. 304 uS/cm y máx. 333 uS/cm de su calidad de agua (Vasquez, 2017), en Azángaro este sistema de abastecimiento presenta CE entre 1074.20 y 1208.43 uS/cm (Yana, 2017).

En calidad del agua potable para consumo humano reporto solidos disueltos totales 240.19 mg/L en Tambo y 202.48 mg/L en Chilca, de la misma manera (Flores, 2017), en la calidad del agua de manantial de Shita destinada al consumo humano Cajabamba determino solidos disueltos totales de punto 1 min. 114,7 mg/L y máx. 124,2 mg/L, punto 2 min. 138,26 mg/L y max.166 mg/L (Vasquez, 2017).

La mayoría de las aguas naturales tienen un valor de pH 5.5 – 8.6 grados (Cava, 2016), al igual que en el abastecimiento de agua potable Azángaro – Puno se determinó un pH que oscilo entre 7.64 y 7.86 (Yana, 2017), la mayoría de los estudios en aguas para consumo humano tienen un promedio de pH 7.43, encontrándose este valor dentro de los LMP (Flores, 2017).

A nivel de calidad de agua existe un déficit en los parámetros de dureza total 408.3 mg/l en Collana I y en Collana II 264.4 mg/l (Curo, 2017), en el caso de las muestras para Valle Maria es de 81.62 mg/l (Mejia, 2005), para Turbaco es de 102.022 mg/l de dureza total, estos estudios muestran la calidad de agua deficiente para consumo humano (Petro, & Wees, 2014).

La calidad fisicoquímica de aguas subterráneas de Cajamarca superaron los ECAS en cuanto a nitratos en los meses de muestreo (Flores, 2016), afortunadamente los nitratos en el estudio del río Lampa y Cabanillas es de 0.03 mg/L (Monteagudo, 2015), y en la planta potabilizadora de Cantón los valores de nitratos están de 0,2 mg/l, estando dentro de los LMP (Quintuña & Samaniego, 2016).

Los coliformes totales en las aguas de las islas flotantes de los urus son de 4 424 NMP/100 ml, lo que señala que estas aguas son de mala calidad (Hallasi, 2018), y al evaluar el agua del servicio potable de las localidades de Payllas y Miraflores fluctúan entre 4 a 28 NMP/100 mL, valores que superan los LMP (Ibañez, 2018), estas aguas presentan un grado de contaminación alta de coliformes totales en pozos artesanales de 378.16 ± 96.03 UFC/100 mL y en pozos tubulares de 226.21 ± 62.60 UFC/100 MI (Calsin, 2016), y en los manantiales de santa rosa los coliformes totales son Qayqu 330.00 NMP/100ml, Unu Pata 270.00 NMP/100ml, Ch'akipata 250.00 NMP/100ml, Cándor Wachana 203.00 NMP/100ml, Yuraq Unu 43.33 y Ch'íartita 0.00 NMP/100 ml (Quispe, 2017).

Los coliformes fecales en aguas de consumo de samán es de 392 ± 227 UFC/100ml al ingreso de la planta de tratamiento, 26 ± 29 UFC/100ml a la salida de la planta de tratamiento y 42.12 ± 28.09 UFC/100ml en la distribución domiciliaria (Martinez, 2017), siendo este reporte superior a los límites permisibles establecidos por

el ministerio de medio ambiente (MINAM, 2015), y los coliformes fecales reportados en el sistema de abastecimiento de agua potable en Azángaro oscilaron entre 1 a 280 UFC/mL (Yana, 2017).

(Chambi, 2015) en Determinación de Bacterias Coliformes y E. Coli en agua de consumo humano del centro Poblado de Trapiche-Ananea, afirma el número más probable de Escherichia coli fue mayor en pozos 11.46 ± 3.36 comparado a la de acequias y piletas que tuvieron 7.75 ± 2.43 y 6.28 ± 2.21 NMP de Escherichia coli, respectivamente ($P \leq 0.05$).

2.2. Marco Teórico

2.2.1. El agua

El agua es una composición con propiedades singulares, de extraordinaria connotación para la vida, el más opimo en la naturaleza y decisivo en los procesos físicos, químicos y biológicos que guían el medio ambiente (Dibujes, 2016), este recurso hídrico es un elemento química mezcla de dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno y que puede mostrarse en alguno de los tres estados: liquido, gaseoso y sólido (Fernandez, 2015).

2.2.2. Agua Potable.

El agua potable, además llamada agua para consumo humano, es la que llega al usuario y puede disponer de forma segura para beber, preparar los alimentos y efectuar la limpieza personal (SUNASS, 2004), no obstante la garantía de potabilización de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, para que el agua sea potable, limpia, pulcra, inodora, insípida, sin partículas (O.M.S., 2006).

2.2.3. Contaminación del agua.

La contaminación es la alteración de los ecosistemas estimulado por la presencia de determinadas sustancias orgánicas e inorgánica en aglomeraciones tales que afectan su calidad y composición del agua (Encinas, 2011), este deterioro de la calidad del agua por la contaminación, es uno de las causas más graves del país, la contaminación industrial, agroquímicos y minería (MINAM, 2010), lo que influye negativamente en la salud humana, vegetal y animal, ya que los factores ambientales son responsables de la carga global de las enfermedades que afecta a una población determinada (O.M.S., 2006).

2.2.4 Características bacteriológicas y fisicoquímicas del agua potable para consumo humano.

Los principales parámetros de la calidad del agua reflejan la función física, química y biológica del medio ambiente con el que el agua tiene interacción.

A) Parámetros físicos del agua.

Temperatura: es un indicador de magnitud física que nos indica cuantitativamente, el estado de "caliente" o "frío" en el comportamiento del recurso hídrico (Peña, 2007), este parámetro tiene gran importancia en la actividad biológica del agua e influye en el comportamiento de otros indicadores (Aznar, 2000).

Conductividad eléctrica: Es la capacidad que tienen las soluciones acuosas en conducir la corriente eléctrica (DINAMA, 1996), su concentración total depende de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación (APHA, 1992).

Sólidos disueltos totales: Es la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua (Cava, 2016), estos son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton, la materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas,

que no se pueden quitar por medio de deposición y pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua (O.M.S., 2006), su expresión aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en una estufa a temperatura definida (APHA, 1992),

B) Parámetros químicos.

pH: Este significa potencial de hidrogeno y se define como el logaritmo de base diez del inverso de la concentración del ion hidrogeno (H^+) y es una reacción ácido base capaz de aceptar y donar protones (Monte, 2016), en el agua es una medida utilizada para evaluar la acidez o la alcalinidad de una solución, que la mayoría de las aguas naturales tiene un valor de pH 5,5 – 8,6 grados, en una escala de 14 grados, para la cual un pH de 7 en el agua refleja neutralidad (Cava, 2016).

Alcalinidad: tiene la capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titularles, (APHA, 1992), su medida de la alcalinidad es de fundamental importancia durante el proceso de tratamiento del agua, ya que es en función de su concentración se establece la dosificación de los productos químicos (FUNASA, 2013).

Cloruro: Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas. A concentraciones superiores a 250 mg/l es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro (O.M.S., 2006).

Dureza del agua: la dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos) (Neyra, 2006), su concentración hace referencia a los compuestos minerales de cationes polivalentes (principalmente bivalentes y específicamente los alcalinotérreos), principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} , expresados como

mg/L CaCO_3 , que ingresan al agua en el proceso natural de disolución, es decir, si la concentración total de Ca y Mg es 1 mm, se dice que la dureza es 100 mg/l de CaCO_3 (Rodríguez, 2010).

Nitratos: componen parte de los nutrientes esenciales para muchos organismos autótrofos o fotosintéticos y en este sentido, su presencia en el agua puede ocasionar fenómenos de eutrofización en ríos y lagos ello significaría que ocurriría un crecimiento desmedido de algunas especies vegetales que cubren con un manto vegetal la superficie del agua deteniendo de esta forma su oxigenación natural, Salazar (Salazar, 2015), así mismo el estado más oxidado del amonio lo que hace pensar que un agua con nitratos es un agua que fue contaminado hace tiempo (Miranda, 2000).

C) Parámetros bacteriológicos.

Coliformes totales: Designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos (castro, 2009), sus características morfológicas son bacilos gramnegativos, aerobios o anaerobios facultativos, oxidasa negativos, no esporógenas, que pueden encontrarse tanto en heces como en el medio ambiente (suelos, aguas ricas en nutrientes y cuerpos de plantas en descomposición) (Roldan, 2006).

Coliformes termotolerantes: los coliformes fecales se definen como todos aquellos bacilos cortos, gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, capaces de fermentar lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas (IMTA, 1991), estos son parte del grupo de los coliformes totales, con temperatura óptima para su desarrollo hasta 45°C lo que los hace indicadores de higiene en agua. (Magigan, 2009), que por lo general la presencia en una muestra de agua del género *Echerichia* indica una contaminación fecal que hace el agua no apta para el consumo humano (Madigan, 2012)

Escherichia coli: Es una bacteria Gram negativa perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, anaerobia facultativa que forma parte de la flora microbiana normal de los intestinos del ser humano y de los animales de sangre caliente. (Larrea, 2009), es el más útil indicador de calidad del agua siendo el más específico de la presencia de contaminación fecal de todo el grupo de los coliformes fecales (García, 2003).

Técnicas para la determinación de análisis microbiano en aguas.

Número más probable (NMP)

El método de número más probable NMP es el cálculo de la densidad probable de bacterias coliformes en la combinación de resultado positivo y negativo obtenido en cada dilución (Gonzales, 2015), este método se basa en la hipótesis de una dispersión de Poisson o dispersión aleatoria, que la densidad bacteriana se obtiene contando el número de tubos con fermentación positiva y comparando con la tabla del número más probable para coliformes Totales y *Escherichia coli*, con un nivel de confianza estadística del 95% para cada valor determinado y expresado como NMP de coliformes por 100 mL de muestra de agua (Camacho *et al*; 2009).

2.2.5 Normas de la calidad de agua potable en el Perú.

según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental, por lo que la presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de consumo humano que garantiza su inocuidad y se rige específicamente por los siguientes DS N° 015-2015-MINAM.

Tabla 1. Tabla de calificación de la calidad de agua potable según (MINAM, 2015).

		AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE		
PARAMETRO	UNIDAD	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS Y QUIMICOS				
TEMPERATURA	°C	Δ3	Δ3	**
TURBIEDAD	UNT	5	100	**
CONDUCTIVIDAD	(us/cm)	1500	1600	**
Ph	Unidad de pH	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
DUREZA	mg/L	500	**	**
AMONIACO	mg/L	1,5	1,5	**
FLUORUROS	mg/L	1,5	**	**
NITRATOS	mg/L	50	50	50
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	1000	1000	1500
SULFATOS	mg/L	250	500	**
CLORUROS	mg/L	250	250	250

** No presenta valor en ese parámetro para la subcategoría

Δ3 variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

Tabla 2. Tabla de calificación de Límites máximos permisibles de parámetros bacteriológicos para calidad de agua (MINAM - 2015).

PARAMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser Potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Coliformes Totales (35- 37 °C)	NMP/100 MI	50	5000	50000
Coliformes fecales (44.5 °C)	NMP/100 mL	20	2000	20000
Escherichia coli	NMP/100 mL	0	**	**

FUENTE: DS N° 015 – 2015 - MIANM

El análisis combinado de los datos de la inspección sanitaria y de la calidad del agua se puede utilizar para determinar las causas más importantes de la contaminación y las medidas de control pertinentes, lo cual es importante para respaldar una toma de decisiones racional y eficaz.

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis microbiológicos. En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos. OMS (2006).

En el caso de los aditivos (sustancias procedentes en su mayoría de los materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución del agua de consumo), la

atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos de análisis cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de consumo suelen determinar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta su evolución para calcular un valor que puede compararse con el valor de referencia. OMS (2006)

2.3. Marco conceptual.

Agua: Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos (MINAM, 2015).

Agua potable: Aquella que es apta para el consumo humano y cuya ingestión no tendrá efectos nocivos para la salud (MINAM, 2015).

Alcalinidad: Capacidad del agua para neutralizar hidrogeniones mediante bases débiles (fundamentalmente bicarbonato y carbonato), expresada en milimoles de hidrogeniones por litro de agua (O.M.S., 2006).

Calidad: Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor (O.M.S., 2006)

Contaminación: Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud (MINAM, 2015).

Coliformes Totales: son las *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos (O.M.S., 2006).

Coliformes Termotolerantes: son un subgrupo de Coliformes totales, tienen un origen específicamente fecal (O.M.S, 2006).

Echerichia coli: es una bacteria gramnegativa con forma de bacilo de la familia de las enterobacterias que se encuentra en el tracto gastrointestinal de humanos y animales de sangre caliente (O.M.S, 2006).

Normas de calidad del agua: Instrumento técnico a través del cual se establecen un conjunto de medidas necesarias para aplicar, asegurar y hacer cumplir la norma sanitaria a fin de proveer agua inocua, con el fin de proteger la salud de los consumidores (MINAM, 2015).

Parámetros Físicos: son ciertas características del agua, que son perceptibles por los sentidos (vista, olfato o gusto), y tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua (O.M.S, 2006).

Parámetros Químicos: son múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración (O.M.S, 2006).

Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (O.M.S, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del estudio

El estudio se realizó en el Distrito de Cabanillas, Provincia de San Román, Región de Puno; tiene una superficie territorial de 1,267.06 km², donde habita una población que sobrepasa los 5 180 habitantes; es decir que, territorialmente, el distrito de Cabanillas, ocupa más del 55% de la superficie provincial. La capital del distrito es el pueblo de Deustua que se encuentra sobre los 3885 m.s.n.m. y entre las coordenadas: 15°38'14" de latitud sur y 70°20'39" de longitud oeste; dicha capital está ubicado a orillas del río Cabanillas y en las faldas del imponente cerro Kenakuturi, que es considerado como su apu tutelar. El distrito se encuentra ubicado dentro de la unidad geográfica de Sierra y dentro de ella en la sub unidad geográfica del Altiplano. La sub unidad geográfica Altiplano, región Suni o Jalca, se encuentra en una altitud que va desde 3,500 a 4,100 m.s.n.m.; presenta una topografía relativamente plana o medianamente accidentada; la temperatura promedio anual oscila desde 0.06°C hasta 19°C, con una precipitación promedio anual de 845 mm, siendo favorable principalmente para la actividad pecuaria. En los llanos y pampas las heladas se presentan con mayor intensidad.

3.2. Periodo de Duración del estudio

El trabajo de investigación realizado en el distrito de Cabanillas se ejecutó por un periodo de tres meses (agosto, setiembre y octubre).

3.3. Procedencia del material utilizado

La zona del proyecto está localizada en el Sector Pumite Jucuyani de la Comunidad de Huataquita, del Distrito de Cabanillas, Provincia de San Roman – Región Puno. En el estudio se estableció tres puntos de muestreo: Ojo de agua de Cohallaca –

Centro poblado de Pumite (zona de captación), reservorio – en el Distrito de Cabanillas y red domiciliaria en el Distrito de Cabanillas.

3.4. Población y tamaño de muestra.

Se efectuaron los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en tres puntos de muestreo con dos repeticiones en los meses de agosto, setiembre y octubre, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3. Número de muestras de agua por zona y tiempo de muestreo en el distrito de Cabanillas 2018.

Lugar de muestreo	Meses de muestreo/Repeticiones			TOTAL
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	
Ojo de agua – Cohallaca (zona de captación)	1	1	1	3
Reservorio – Cabanillas	1	1	1	3
Distribución domiciliaria – Cabanillas	1	1	1	3
TOTAL	3	3	3	9

El número total de muestras de agua es 9, distribuidos en tres puntos de muestreo y tres meses de muestreo, por cada mes un muestreo, siendo estas muestras utilizadas para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

3.5. Diseño estadístico.

Los resultados obtenidos de las características físicas, químicas y bacteriológicas de los tres puntos de muestreo, fueron analizados mediante pruebas estadísticas descriptivas (media) y de dispersión (desviación estándar). Para la comparación de la

calidad de aguas en los diferentes puntos de muestro se empleó el método estadístico ANOVA.

El modelo estadístico del Diseño Completamente al Azar es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Donde:

τ_i = tratamientos (puntos de muestreo y meses).

Y_{ij} : Variable respuesta (coliformes NMP/100 ml, la temperatura en °C, el pH en unidades, la turbidez en NTU y los demás parámetros en mg/l).

μ : Media general.

e_{ij} : Efecto del error experimental que se asume normalmente e independientemente distribuido con media cero y varianza σ^2 . (Carvajal, 2013).

3.6. Procedimiento

a) Frecuencia de muestreo

El número total de muestras es de 9, distribuidos en tres puntos de muestreo (ojo de agua – Cohallaca, reservorio de Cabanillas y red domiciliaria de Cabanillas), realizado durante tres meses de muestreo, por cada mes se realizó un muestreo tanto para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

Para la toma de muestra de agua se realizó tomando en cuenta el protocolo Nacional para el monitoreo de los recursos hídricos según resolución jefatural N° 010 – 2016 – ANA.

b) Descripción

1. Toma de muestra para los principales parámetros físicoquímicos y bacteriológicos del ojo de agua COHALLACA al reservorio del distrito de Cabanillas.

Primeramente, se esterilizo 3 frascos de vidrio de boca ancha de 100 ml para los análisis bacteriológicos y para cada punto de muestreo se utilizó 1 frasco; esta función se realiza con un día de anticipación al día de muestreo. La esterilización se realizó en el laboratorio de ecología acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Escuela Profesional de Biología UNA -PUNO. Se utilizó papel kraft para envolver los 3 frascos, enseguida se introdujo en el Autoclave de esterilización con un tiempo de 45 min a 1 hora y finalmente se almacenó en un Cooler donde es llevado a campo para las respectivas muestras. Cada frasco de muestra fue rotulado con información correspondiente: número de muestra, fecha y hora, nombre del Distrito, zona de muestreo y nombre del recolector.

La primera toma de muestra se realizó en el Sector Pumite Jucuyani de la Comunidad de Huataquita, del Distrito de Cabanillas, donde está ubicado el ojo de agua de COHALLACA, para ello; Se cogió un frasco de vidrio del Cooler, enseguida se retiró la envoltura de papel Kraft y se sumergió en el Ojo de agua a una profundidad de 30 cm, dentro del agua se retiró la tapa para el llenado del frasco y dentro del ojo de agua mismo tapando el frasco, luego se rotulo y se almaceno en el cooler para ser llevado al laboratorio y realizar su respectivo análisis bacteriológico.

Los análisis físicos y químicos se trabajó in situ, para determinar los parámetros físicos se utilizó el equipo multiparámetro para determinar la Temperatura, Conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, solicitados a la facultad de Agronomía UNA - PUNO y para los parámetros Químicos se utilizó el kit HACH, que proporciona

pruebas para Dureza Total, Alcalinidad, Cloruros, sulfatos, nitrato, entre otros; este equipo fue solicitado de la Escuela Profesional de Biología, Área de pesquería UNA – PUNO.

2. Toma de muestra para los principales parámetros físicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano a la salida del reservorio.

La segunda toma de muestra se realizó en el reservorio de agua de Cabanillas. Para este punto de muestreo se utilizó un balde limpio y una cuerda, para iniciar se abre la tapa sanitaria del reservorio para lanzar el balde atada a una cuerda, una vez sumergido el balde se esperó 5 min. Para luego ser retirado, inmediatamente se cogió un frasco de vidrio del cooler del cual se retiró la envoltura de papel Kraft y se sumergió en el balde, donde se retiró la tapa para su llenado y enseguida se tapó el frasco para ser retirado del balde para su rotulado y es guardado en el cooler para ser llevado al laboratorio y realizar su respectivo análisis bacteriológico.

Para el análisis físico-químico se trabajó in situ, para ello se utilizó un multiparámetro y el kit HACH.

3. Toma de muestra para los principales parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en la distribución domiciliaria del distrito de Cabanillas.

La última toma de muestra de agua se realizó en el domicilio de la señora Concepción Apaza Mamani del distrito de Cabanillas, para la cual se cogió un frasco de vidrio del cooler, enseguida se retiró la envoltura de papel Kraft, luego se desinfectó la pileta con alcohol y se dejó correr por un lapso de 2 min. Posteriormente se llenó el frasco y se cerró de inmediato para su respectivo rotulado y fue guardado en el cooler para ser llevado al laboratorio y realizar su respectivo análisis bacteriológico.

Procedimiento In situ y laboratorio

Los análisis físicos y químicos se trabajó in situ, Para determinar los parámetros Físicos se trabajó con un multiparámetro que determina la Temperatura, Conductividad eléctrica y solidos disueltos totales, solicitados de la facultad de Agronomía UNA - PUNO y para los parámetros Químicos se utilizó el kit HACH, que proporciona pruebas fáciles de usar para Dureza Total, Alcalinidad, Cloruros, sulfatos, nitrato, entre otros; este equipo fue solicitado de la Escuela Profesional de Biología, Área de pesquería UNA – PUNO.

a) Parámetros físicos.

Temperatura.

Fundamento: En el método de determinación directa las unidades de la temperatura son en °C, el sensor utilizado para la compensación automática de temperatura, normalmente no necesita una calibración, pero si la lectura de la temperatura es sospechosa de dar valores erróneos, puede calibrarse por comparación con un sistema certificado de temperatura.

Procedimiento: Se introdujo el termómetro al ojo de agua durante 5 min. Luego tomar nota del valor obtenido.

Conductividad Eléctrica.

Fundamento: En el método de medición directa las unidades de conductividad eléctrica del parámetro son en micro Siemens/cm. En la práctica se mide la conductividad con electrodos de diferente tamaño y forma, por lo cual, al realizar la medición, en lugar de la conductividad se mide la conductancia, la misma se multiplicó por la constante (k) de cada celda en particular, se transforma en la conductividad en S/cm.

Procedimiento: Se vertió 50 mL de la muestra en un vaso de precipitado. Posteriormente se introdujo el electrodo del conductímetro, para luego registrar los datos que aparezcan en la pantalla del equipo.

Sólidos disueltos totales.

Fundamento: La determinación de sólidos totales disueltos mide específicamente el total de sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua. Aguas para consumo humano, con alto contenido de sólidos disueltos son de mal agrado para el paladar.

Procedimiento: Se vertió en un vaso de precipitado 50 mL de la muestra de agua a analizar. Posteriormente se introdujo el electrodo del conductímetro, se presionó dos veces la tecla Mode hasta que se estabilice, para luego registrar el valor obtenido en la pantalla del equipo.

b) Parámetros Químicos.

pH.

Se llenó el tubo de ensayo a una línea de 10 ml con agua de muestra; luego se agregó 8 gotas de indicador de pH de rango amplio (2218) se tapó y mezcló, enseguida se insertó el tubo de prueba en el visor octa-slide 2 (1101). Finalmente se registró pH.

Alcalinidad.

Se llenó el tubo de ensayo (0608) hasta la línea de 5 ml con agua de muestra, después se agregó 4 gotas del indicador de BCG-MR (2311-EG) se tapó y mezcló. Esperamos que la muestra se vuelva azul-verde, enseguida se rellenó el titrador de lectura directa (0382) con el reactivo de titulación de alcalinidad B (4493DR), y se valoró la

muestra hasta que el color azul verdoso cambie a rosado y se registró como alcalinidad ppm (CaCO_3).

Cloruro.

Se llenó el tubo de ensayo (0608) hasta la línea de 15 ml con agua de muestra, enseguida se agregó indicador de gotas de fenolftaleína, 1% (2246). Si la muestra no tiene color, continúe con el paso 3. Si la muestra se torna rosada, agregue ácido sulfúrico, 0.5 N (6090) una gota a la vez hasta que desaparezca el color rosado, ahora se agregó 3 gotas de reactivo de cloruro n. ° 1 (4504). Se tapó y mezcló, la muestra se pondrá amarilla para ello se rellenó el titrador de lectura directa (0382) con el reactivo de cloruro n. ° 2 (4505DR), finalmente se valora la muestra hasta que el color amarillo cambie primero a anaranjado o naranja rojo y se registra como ppm de cloruro.

Dureza Total.

Se llenó el tubo de ensayo (0608) hasta la línea de 12,9 ml con agua de muestra, luego se agregó 5 gotas de reactivo de dureza # 5 (4483) después se tapó y mezcló, ahora se agregó 5 gotas de reactivo de dureza # 6 (4485) se tapó y mezcló. La muestra se pondrá roja si hay dureza. Si la solución es azul, no hay una cantidad medible de dureza. Después se llenó el titrador de lectura directa (0382) con el reactivo de dureza n. ° 7 (4487DR). Finalmente se valoró la muestra hasta que el color rojo cambie a azul claro y se registró como ppm de dureza total (CaCO_3).

Sulfatos.

Se empleó el espectrofotómetro ingresando la serie de programa almacenado para el nitrógeno de sulfato de alto rango. Se hizo girar el cuadrante de longitud de onda hasta que la pantalla pequeña muestre: 680 nm, se llenó una celda para espectrofotómetro con 25 mL de muestra. Inmediatamente se añadió el contenido de una bolsita de polvo de

reactivo de nitrato sulfato 5 a la celda, se presionó la tecla ENTER; se visualizó en la pantalla del equipo el resultado en unidades de mg/L.

Nitratos.

Se llenó el tubo de ensayo (0106) hasta la línea de 2,5 ml con agua de muestra y se diluyó hasta la línea de 5 ml con reactivo de ácido mixto (V-6278) con una cuchara de 0.1 g (0699) para agregar 0.1 g de color. De reactivo en desarrollo (V-6281) y se tapó y mezcló durante 1 minuto. Y se esperó 5 minutos para enseguida insertar el tubo de prueba en el visor octa-slide 2 (1101), finalmente se registró como ppm de nitratos (NO-N).

c) Trabajo en laboratorio.

Para la realización de esta prueba de determinación de los parámetros bacteriológicos se utilizó el método del Numero Más Probable (NMP), donde se inicia con la prueba presuntiva.

Fundamento

NMP es el cálculo de la densidad probable de bacterias coliformes en la combinación de resultados positivos y negativos obtenidos en cada dilución. La determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número Más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un máximo de 48 horas, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, test presuntivo y test confirmativo.

Preparación del caldo lactosado (prueba presuntiva).

Para esto se requirió 4.68 gr de cultivo caldo lactosado para 300 ml de agua estéril, donde distribuiremos en los 27 tubos, para cumplir con los objetivos y seguir el método

NMP/100 ML, se realizó tres distribuciones de 3 diferentes dosis (5 ml, 9.5 ml y 9.9ml de muestra de caldo lactosado) por cada punto de muestreo M1 = ojo de agua Cohallaca, M2 = reservorio de agua potable Cabanillas y M3 = distribución domiciliaria Cabanillas. Siendo el total de 9 tubos por cada punto de muestreo.

Se retiró los tubos del autoclave para rotularlos y proceder con el llenado de los tubos con la solución y agregado de las muestras de agua; para las soluciones de 5 ml se agregó de muestra de agua 5 mL, para las soluciones de 9.5 ml se le agrego 0.5 ml de muestra de agua y para soluciones de 9.9 ml se le agrego 0.1 ml de muestra de agua; así el llenado debe de ser de 10 ml en todos los tubos. Enseguida se dejó por 48 horas a una temperatura de 37 °C en la incubadora. Pasado el tiempo se leyó y anotó los resultados positivos.

Preparación de bilis verde brillante (prueba confirmativa).

Se utilizó 14.4 gr de cultivo de bilis verde brillante para 300 ml de agua esterilizada, donde se distribuyó en los 27 tubos. Primero se preparó en un matraz la solución de bilis verde brillante con 180 ml de agua estéril, después se insertó en la autoclave los tubos y el cultivo de agar bilis verde brillante por un lapso de 1 hora, después de ese lapso de tiempo se retira los tubos para su rotulado y se agrega a 9 tubos 5 ml de solución por cada tubo, enseguida se agrega agua esterilizada de 120 ml a la solución de bilis verde brillante preparado en el matraz, después se siguió con el llenado de otros 9 tubos con solución de 9.5 ml por cada tubo y enseguida se llenó a otros 9 tubos con solución de 9.9 ml por cada tubo.

Cuando se encontró que las soluciones de cultivo de bilis verde brillante estaban frías se le agregó muestra de caldo lactosado en las siguientes proporciones: para 5 ml de solución otros 5 ml de caldo lactosado, para 9.5 ml de solución se agregó 0.5 ml de caldo

lactosado y para los 9.9 ml de solución se agregó 0.1 ml de caldo lactosado. Para el llenado se utilizó jeringas de 5 ml y tuberculinas de 1 ml.

Cuando ya tengamos todos los tubos llenados se deja en la incubadora a 37 °C por un periodo de 48 horas. Finalmente, pasado el lapso de tiempo se lectura y se realizó la siembra en placas Petri el cultivo de MB para determinación de la presencia de E. coli, para ello se utilizó 3.6 gr de MB.

Test de aislamiento para confirmar presencia de coliformes fecales

Prueba que consiste en aislar coliformes fecales a partir de cada uno de los tubos que resultaron positivos, en condiciones de esterilidad, a partir del cultivo confirmativo, utilizamos un asa de kolle en aro, se obtuvo una asada y se sembró en la superficie del agar Eosin Metil Blue (EMB) mediante la técnica de agotamiento, las placas sembradas se incubaron a temperatura de 37 °C.

3.7. Variables

a) Variables independientes

Los puntos de muestreo para la determinación de la calidad de agua (ojo de agua de Cohallaca - Cabanillas, reservorio de Cabanillas, distribución domiciliaria del distrito de Cabanillas).

b) Variables dependientes

Parámetros físicos (temperatura, conductividad eléctrica y solidos disueltos totales), parámetros químicos (pH, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos) y Bacteriológicos (coliformes totales y coliformes termotolerantes).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Parámetros fisicoquímicos en el ojo de agua Cohallaca, reservorio y red domiciliaria Cabanillas.

a) Parámetros físicos.

Los resultados obtenidos de los parámetros físicos en el ojo de agua se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según aguas superficiales destinadas a la producción de agua Potable MINAM (2015), los parámetros son importantes dada su influencia, la temperatura es un indicador de la calidad en el comportamiento de otros indicadores del recurso hídrico, la conductividad eléctrica que es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica que indica la presencia de sales en el agua, a partir de la conductividad se puede obtener los sólidos disueltos, que son productos de la erosión de suelos e indican impurezas visibles del agua, también es influenciado el lugar, se pudo observar a su alrededor del ojo de agua pastizales (*Estipa ichu*), rocas, poca actividad antropogénica, se encontró alguno que otro resto de heces de ganado ovino seco, mientras que en el reservorio se notó la influencia de actividad antropogénica y la falta de mantenimiento del reservorio (Tabla 4).

Tabla 4. Promedios de la calidad de agua de los parámetros físicos en el ojo de agua, reservorio y red domiciliaria – Cabanillas 2018.

MESES DE MUESTREO	TEMPERATURA °C			CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µs/cm)			SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/l)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
AGOSTO	13.07	12.20	12.20	800	670	670	400	390	390.00
SETIEMBRE	11	11.00	12.00	950	770	100	480	390	51.00
OCTUBRE	11	11.00	11.00	970	660	670	490	330	340.00
PROMEDIO	11.69	11.40	11.69	906.67	700	480	336.67	370	260.33
DES. ESTANDAR	1.20	0.69	1.20	92.91	60.83	329.09	256.97	34.64	183.00

Donde: M1 = Ojo de agua Cohallaca – Cabanillas; M2 = Reservorio de Cabanillas y M3 = Red domiciliaria Cabanillas.

Según los resultados para temperatura el mayor valor de promedió se registró en el ojo de agua y red domiciliaria con $11.69\text{ }^{\circ}\text{C}$, y el menor valor en el reservorio con $11.40\text{ }^{\circ}\text{C}$; mientras que los datos registrados en los urus del lago Titicaca por Hallasi (2018), fue de $14.74\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo un registro superior a lo reportado por la presente investigación; así mismo Spellman (2004), indica que no hay valores referénciales de límites máximos permisibles para agua, por lo que no tienen efectos significativos en la salud.

El mayor promedio de la conductividad eléctrica encontrado es de $906.67\text{ DE} \pm 92.91\text{ }\mu\text{S/cm}$ en el ojo de agua Cohallaca – Cabanillas y el menor promedio en la red domiciliaria $480\text{ DE} \pm 329.09$ valores que se encuentra dentro del límite permitido para consumo humano por MINAM (2015), mientras que Calsin (2016), en aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, menciona la concentración de conductividad en $1636.25\text{ uS/cm DE} \pm 86.39$ en pozos artesanales y en pozos tubulares $1082.18 \pm 81.79\mu\text{S/cm}$, como también Martines (2017), aprecia que la Calidad de Agua de consumo Humano del distrito de Saman-Azangaro, tiene un promedio de conductividad eléctrica de $471.6 \pm 58.1\text{ }\mu\text{s/cm}$, estos autores reportan resultados elevados a diferencia de lo reportado en la presente investigación.

En los sólidos disueltos totales, en el reservorio se reportó el mayor promedio con $370\text{ DE} \pm 34.64\text{ mg/L}$, y el menor valor en la red domiciliaria con $260\text{ DE} \pm 183.00$, valor similar que encontró Flores (2017), en Evaluación de la Calidad Fisicoquímica y Microbiología del agua Potable en Tambo y Chilca de DTS 240.19 mg/L para Tambo y DTS 202.48 mg/L para Chilca; así mismo Vásquez (2017), en su estudio de caracterización Fisicoquímica de la calidad del agua del manantial de Shita destinada al consumo Humano Cajabamba, determino DTS punto 1 min. $114,7\text{ mg/L}$ y max. $124,2\text{ mg/L}$, punto 2 min. $138,26\text{ mg/L}$ y max. 166 mg/L , en relación al trabajo de investigación

los valores reportados por los autores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (1000 mg/L) para aguas superficiales destinadas para el consumo humano.

b) parámetros químicos.

Se observa el resultado obtenido de los parámetros químicos donde se pudo observar a su alrededor del ojo de agua pastizales (*Estipa ichu*), rocas, poca actividad antropogénica, alguno que otro resto de heces de ganado ovino seco, en el reservorio se observó actividad antropogénica, falta de limpieza interna y externa y en la red domiciliaria falta de mantenimiento de los tubos, estos parámetros como el cloruro que es una medida específica de la salinidad, y su incremento ocasiona la corrosividad impidiendo sea apto para consumo humano y matando la vegetación circundante y pH o potencial de hidrogenión es una medida de acidez o alcalinidad que indica la concentración de iones, siendo el adecuado para consumo humano en el rango de 6.5 a 8.5, en el caso de la dureza total que se originan en áreas donde la capa superficial del suelo es gruesa y contienen formaciones de piedra caliza e indican presencia de calcio y magnesio y son satisfactorias para consumo humano por simple desinfección, no son dañinas para la salud, los cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles para aguas superficiales destinadas a la producción de agua Potable según MINAM, (tabla 5).

Tabla 5. Promedios de la calidad de agua de los parámetros químicos del ojo de agua, reservorio y red domiciliaria – Cabanillas – 2018.

MESES DE MUESTREO	DUREZA TOTAL (mg/L)			ALCALINIDAD (mg/l)			CLORUROS (mg/l)			SULFATOS mg/L			NITRATOS mg/L			pH (pH)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
AGOSTO	380.00	376.20	372.40	176.48	274.07	141.18	90.77	99.29	139.00	97.00	98	96.00	0.02	0.02	0.02	6.70	6.50	6.30
SEPTIEMBRE	399.00	326.80	380	190.00	211.76	423.55	189.99	139.17	70.93	104.00	94	90.00	0.02	0	0.01	6.50	6.90	7.70
OCTUBRE	376.20	376.20	430	194.13	88.24	194.00	173.04	141.83	127.666	99.00	94	93.00	0.01	0.03	0.01	7.02	6.30	7.60
PROMEDIO	385.07	357.73	394.13	186.87	182.36	252.91	151.27	125.77	112.53	100.00	95.33	93.00	0.02	0.02	0.01	6.74	6.57	7.20
DES. ESTANDAR	12.22	28.52	31.29	9.23	83.40	150.12	53.07	23.10	36.47	3.61	2.31	3.00	0.01	0.02	0.01	0.26	0.31	0.78
PERMISIBLE	< (300 mg/L)			< (200 mg/L)			< (250 mg/L)			< (250 mg/L)			< (10 mg/L)					

Donde: M1 = Ojo de agua Cohallaca – Cabanillas; M2 = Reservorio de Cabanillas y M3 = Red domiciliaria Cabanillas.

El mayor valor obtenido en dureza total es de $394.13 \text{ DE} \pm 31.29 \text{ mg/L}$ que pertenece a la red domiciliaria y el menor valor reportado es de $357.73 \text{ DE} \pm 28.52 \text{ mg/L}$, siendo estos valores encontrados dentro de los límites máximos permisibles según MINAM (2015), mientras que Calsin (2016), en aguas subterráneas del sector Taparachi III de Juliaca, reporta en pozos artesanales y en pozos tubulares respectivamente concentración de dureza total de $628.91 \pm 48.78 \text{ mg/L}$ y $438.91 \pm 45.33 \text{ mg/L}$ valor superior a lo reportado en el trabajo de investigación, admisible en la norma del MINAM mas no recomendable apto para consumo humano.

La alcalinidad es un factor determinante de la calidad del agua y se encontró el mayor valor en la red domiciliaria con $252.91 \text{ DE} \pm 150.12$ y el más bajo promedio se reportó en el reservorio con $182.36 \text{ DE} \pm 83.40$, valores que se encuentran dentro de lo admisible por el MINAM (2015), destinada a ser potabilizada por simple desinfección.

Los valores reportados mayores de cloruros se encuentran en el ojo de agua con $151.27 \text{ DE} \pm 53.07$, mientras que el minino valor se encuentra registrado en la red domiciliaria con $112.53 \text{ DE} \pm 36.47$, valores que no son aptos para consumo de la comunidad a pesar de estar dentro de los limites admisibles normados por el MINAM (2015), también los resultados son superiores a lo reportado por Martines (2017), en Calidad de Agua de consumo Humano en Saman, con 33.9 mg/l de cloruros al ingreso; en la salida 48.1 mg/L ; y en la distribución domiciliaria con flujo y sin flujo: con 47 y 47 mg/L , por lo tanto, indica la presencia de salinidad y corrosividad del agua.

La mayoría de las aguas tienen un pH optimo entre $6,5$ y $8,5$ Yana (2017), en su estudio del sistema de abastecimiento de agua potable en Azangaro reporto el pH entre 7.64 y 7.86 unidades, siendo un valor similar a lo reportado en la distribución domiciliaria

de la presente investigación de pH 7.20, ambos valores se encuentran dentro de los LMP del MINAM (2015).

4.2. Parámetros bacteriológicos en el ojo de agua Cohallaca, reservorio y red domiciliaria Cabanillas.

a) Parámetros Bacteriológicos.

Los valores promedios encontrados en los parámetros bacteriológicos son contaminantes en los tres puntos de muestreo, los resultados están directamente relacionados a su entorno del lugar de muestreo donde en el ojo de agua a simple vista se pudo observar heces secas de ganado ovino, en el reservorio se ve actividad concurrente de la comunidad adyacente, falta de limpieza y mantenimiento interno y externo del reservorio (Tabla 6). Los resultados de coliformes totales y fecales obtenidos exceden a los límites máximos permisibles para aguas superficiales que pueden ser potabilizadas por métodos desinfectantes (MINAM, 2015).

Tabla 6. Promedios de la calidad de agua de los parámetros bacteriológicos en el ojo de agua Cohallaca, reservorio y red domiciliaria – Cabanillas – 2018.

MESES DE MUESTREO	COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml.			COLIFORMES FECALES NMP/100 ml		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
AGOSTO	150	460	3	93	240	<3
SETIEMBRE	120	240	11	75	210	7
OCTUBRE	150	210	11	93	150	11
PROMEDIO	140	303.33	8.33	87	200	9
DES. ESTANDAR	17.32	136.50	4.62	10.39	45.83	5.57

Donde: M1 = Ojo de agua Cohallaca – Cabanillas; M2 = Reservorio de Cabanillas y M3 = Red domiciliaria Cabanillas.

Los Coliformes totales exceden los límites admisibles para consumo humano, reportando el mayor valor en el reservorio con 303.33 DE ± 136.50 y el menor valor en la red domiciliaria con 8.33 DE ± 4.62, valores que se encuentran muy por encima de los

límites máximos permisibles destinada a la producción de agua potables según MINAM (2015), de igual manera Curo (2017), en la calidad de agua de pozos en el distrito de Huata reporto un máximo de 360.0 – 347.3 UFC/100 ml en Collana I y un mínimo de 128.0 – 82.3 UFC/ ml en Collana II de coliformes totales, resultados que pueden afectar la salud de los consumidores que beban esta agua, como también Martines (2017), En la Calidad del Agua de consumo Humano del distrito de Saman reporto Coliformes Totales de 467 ± 227 UFC/100ml al ingreso a la planta de tratamiento, 32 ± 32 UFC/100ml en la salida de la planta de tratamiento, 64.13 ± 42.13 UFC/100ml en distribución domiciliaria, así mismo Quispe (2017), en agua de 6 manantiales en el distrito de Santa Rosa – Melgar reportó coliformes totales Qayqu 330.00 NMP/100ml, Unu Pata 270.00 NMP/100ml, Ch'akipata 250.00 NMP/100ml, Cónдор Wachana 203.00 NMP/100ml, Yuraq Unu 43.33 y Ch'artita 0.00 NMP/100 ml. En relación al trabajo de investigación estos autores reportan valores similares y superiores a las normas dispuestas por el MINAM para aguas de consumo humano, siendo así todos los resultados no aptos para consumo y dañinas para la salud de la comunidad que la adquiere.

Se evidencio mayor contaminación con coliformes fecales en el reservorio con 200 NMP/100 ml DE $\pm 45,83$, mientras que en el ojo de agua se reportó 87 NMP/100 ml DE ± 10.39 , siendo este reporte superior a los límites permisibles establecidos por el ministerio de medio ambiente (MINAM 2015), mientras que en aguas de consumo humano en las islas flotantes Urus del Lago Titicaca Hallasi (2018), indica para Coliformes fecales un promedio 27,33 NMP/100 ml, asimismo Vilca (2011), en agua de consumo humano en la localidad de Vilque reporto para coliformes 6.67 NMP/100 ml; en el reservorio; y en las piletas domiciliarias 38.33 NMP/100 ml, de la misma manera Abad (2014), en cinco manantiales de agua del distrito de Jacas Chico, determino coliformes fecales de 0 a 67.50 NMP/100ml. Todos estos valores reportados por estos

autores incluyendo de la investigación presente no son aptas para el uso doméstico de las comunidades que la adquieren.

Oruna (2010), indica que los coliformes fecales en agua potable de la ciudad de Puno fue de 0 – 7 NMP/100ml, siendo este valor aceptable dentro de los límites permisibles y mas no apto para consumo humano (MINAM, 2015), sin embargo, en la calidad bacteriológica de agua de pozo de la ciudad de Puno dieron resultado de coliformes fecales: 111 NMP/100 mL resultando no apto para consumo humano (Soto, 2013).

Comparación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano del distrito de Cabanillas.

Los parámetros fisicoquímicos del agua de consumo humano en el distrito de cabanillas presentan una diferencia significancia ($0 \leq 0.05$) entre los puntos muestreados (M1, M2, M3), lo cual indica que los reportes realizados ayudan a mejorar la calidad fisicoquímica del agua para consumo humano, puesto que los resultados no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por el (MINAM, 2015).

Cuadro de Comparación de los promedios de la calidad de agua en el distrito de Cabanillas.

El cuadro representa la comparación de los promedios de la calidad de agua de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados en los tres puntos de muestreo (ojo de agua Cohallaca, reservorio y red domiciliaria) del distrito de Cabanillas, donde se reporta que los resultados de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles destinados para agua potable, mientras que en los parámetros bacteriológicos se indica que los resultados obtenidos están por encima de lo permitido para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de consumo humano del distrito de Cabanillas - 2018.

	N	M1	M2	M3
PARAMETROS FISICOS				
TEMPERATURA (°C)	3	11.69	11.4	11.69
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (uS/cm)	3	906.67	700	480
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L)	3	336.67	370	260
PARAMETROS QUIMICOS				
pH	3	6.74	6.57	7.20
DUREZA TOTAL (mg/L)	3	385.07	359.73	394.13
ALCALINIDAD (mg/l)	3	186.87	182.36	252.91
CLORUROS (mg/l)	3	151.27	125.77	112.53
SULFATOS mg/L	3	100	95.33	93
NITRATOS mg/L	3	0.02	0.02	0.01
PARAMETROS BACTERIOLOGICOS				
COLIFORMES TOTALES NMP/100 ml.	3	140.00	303.33	8.33
COLIFORMES FECALES (TERMOTOLERANTES NMP/100 ml)	3	87.00	200.00	9.00

DONDE: M1= Ojo de agua Cohallaca - Cabanillas; M2 = Salida de agua del reservorio del distrito de Cabanillas; M3 = distribución domiciliaria de agua en el distrito de Cabanillas.

Con respecto a los parámetros bacteriológicos se reporta estadísticamente una diferencia significativa ($0 \leq 0.05$) en los puntos de muestreo: M1 para coliformes totales 140.00 NMP/100 ml, coliformes fecales 87 NMP/100 mL; M2 para coliformes totales 303.33 NMP/100ml, coliformes fecales 200.00 NMP/100ml; M3 para coliformes totales 8.33 NMP/100 ml, coliformes fecales 9,00 NMP/100 ml. Demuestra que existe una carga bacteriana presente en el agua de consumo humano que supera los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano (MINAM, 2015), por lo cual el agua no es apta para consumo humano.

V. CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos reportados con mayor valor que ayudan a evidenciar que las aguas estudiadas no son aptas para consumo humano son: en el ojo de agua temperatura $11.69\text{ }^{\circ}\text{C}$, conductividad eléctrica $906.67\text{ DE} \pm 92.91\text{ }\mu\text{S/cm}$, cloruros $151.27\text{ DE} \pm 53.07$ y pH 7.20 y en la red domiciliaria dureza total $394.13\text{ DE} \pm 31.29\text{ mg/L}$ y alcalinidad $252.91\text{ DE} \pm 150.12$, estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM para aguas superficiales destinadas para consumo humano, mas no aptos para consumo por el gran contenido de sustancias químicas que presentan en el agua.

La calidad de agua está sujeta a los límites máximos permisibles dispuestos por el MINAM, por lo tanto el reservorio es el punto de muestreo donde ha presentado mayor contaminación, y evidenciando que estas aguas no son aptas para consumo humano con sólidos disueltos totales $370\text{ DE} \pm 34.64\text{ mg/L}$, coliformes totales $303.33\text{ DE} \pm 136.50$ y coliformes fecales con $200\text{ NMP/100 ml DE} \pm 45,83$. Siendo estos valores muy elevados para ser considerado apto para consumo humano.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar un tratamiento convencional de las aguas del ojo de Cohallaca, antes de ser distribuida para su consumo.

Realizar mantenimientos del reservorio y/o tuberías que hacen toda la conexión del sistema de agua potable (red matriz) y Realizar limpieza del reservorio con frecuencia o periodos de cada tres meses como minimo.

Realizar estudios de la calidad del agua en el distrito de Cabanillas en otras épocas del año, como época lluviosa, para así determinar y complementar el presente estudio.

Realizar potabilización, desinfección y cloración en aguas de pozo para evitar problemas en la salud de la población.

Realizar educación ambiental a las personas aledañas al lugar de la captación del agua, reservorio, a fin de evitar problemas en la salud.

VII. REFERENCIAS

- APHA, W. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual. 17vo Edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid – España.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros fisico-químicos de calidad de las aguas. Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. Universidad Carlos III. Avd. de la Universidad. Artículo, 12 p.
- Belizario, E. (2011). Evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad carata del distrito Coata. Tesis, 186 p.
- Calsin, K. (2016). Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca. Tesis, 64 p.
- Camacho, *et al*; (2009). Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos (segunda ed.). (UNAM, Ed.) México: Facultad de química.
- Cava, T. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque. Tesis, 161 p.
- Chambi, G. (2015). Determinación de bacterias coliformes y E. coli en agua de consumo de los criadores alpaqueros de Trapiche, Ananea – Puno. Tesis, 100 p.
- Curo, M. (2017). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016. Tesis, 99 p.
- Dibujes, M. (2016). Evaluación de funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua residual del cantón urcuquí, para garantizar la calidad del agua de acuerdo a la normativa ambiental. Artículo, 8 p.
- DINAMA, D. N. D. M. A. (1996). Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes. Libro, 174 P.
- Encinas, M. (2011). Medio ambiente y contaminación, principios básicos. Libro, 1ª edición; (ISBN: 978-84-615-1145-7), 121 P.
- Fernandez, A. (2015). El agua: un recurso esencial Instituto Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA) Universidad de Buenos Aires. afcirelli@fvet.uba.ar Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

- (CONICET). Artículo, 25 p.
- Flores, J. (2016). Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis, 153 p.
- Flores, L. (2017). Calidad Fisicoquímica y Microbiología del agua Potable para consumo humano en Tambo y Chilca – Huancayo. Tesis, 138.
- FUNASA, F. N. D. S. (2013). Manual práctico de análisis de agua. Revista, 4ª edición, 153 P.
- Gonzales, C. (2011). Monitoreo de la calidad del agua. Revista, 13 p.
- Gonzales, R. (2015). Desarrollo experimental de la tecnica nmp, instituto tecnologico de Acapulco. 14 p.
- Hallasi, G. (2018). Determinación de los parámetros microbiológicos y físico-químicos de las aguas de consumo humano en las islas flotantes uros del lago titicaca. Tesis, 111 p.
- Ibañez, W. (2018). Evaluacion de la calidad de agua para el consumo humano en las localidades de payllas y miraflores del distrito de Umachiri – Melgar – Puno. Tesis, 168 p.
- IMTA, I. M. X. T. D. A. (1991). Determinacion de coliformes fecales, programa agua limpia,. Revista, 1a. edición, 26 p.
- Larrea, J. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del complejo turístico «Las Terrazas», Pinar del Río (Cuba). Hig Sanid Ambient,. In libro (Vol. 9).
- Madigan, M. (2012). Biología de los microorganismos, Duodécima Edición. Editorial PEARSON. Madrid – España.
- Magigan, M. (2009). Biología de los Microorganismos. Décima edición. Editorial Pearson.
- Martinez, J. (2017). Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del Agua de consumo Humano del distrito de Samán, Provincia de Azangaro – Puno. Tesis, 70.
- Mejia, M. (2005). 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. Tesis, 123 p.
- MINAM. (2015). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 015-2015. El Peruano.
- MINAM, M. D. M. A. (2010). Política nacional del ambiente, Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM de 23 de Mayo de 2009. 48 p.
- Miranda, N. (2000). Tecnología de aguas y control de calidad (primera 153 ed.). Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Monte, I. (2016). Agua, pH y equilibrio químico: Entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos. 104 p.
- Monteagudo, M. (2015). Análisis comparativo de los índices de calidad de agua de los ríos Lampa y Cabanillas. Tesis, 124 p.
- Neyra, M. (2006). Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. estudio de caso: Chile. Memoria, 95 p.
- Peña, M. (2007). TEMPERATURA, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Artículo, 22 p.
- Petro, Ana & Wees, T. (2014). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de turbaco – bolívar, caribe colombiano Universidad Tecnológica de Bolívar Facultad de Ingeniería programa de ingenier. Tesis, 95 p.
- Quintuña, Yenni; & Samaniego, M. (2016). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del Cantón Chordeleg. Tesis, 140 p.
- Quispe, D. (2017). Calidad bacteriología y fisicoquímica del agua de seis manantiales del distrito de santa rosa – Melgar. Tesis, 85 p.
- R., García, M. C. y D. V. (2003). Calidad de agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza. Madrid España.
- Rodriguez, S. (2010). La dureza del agua, editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Revista, 32 p.
- Roldan, A. (2006). Determinación de la calidad físico química y bacteriológica del agua para consumo humano que se distribuye a la población del municipio de guazacapán

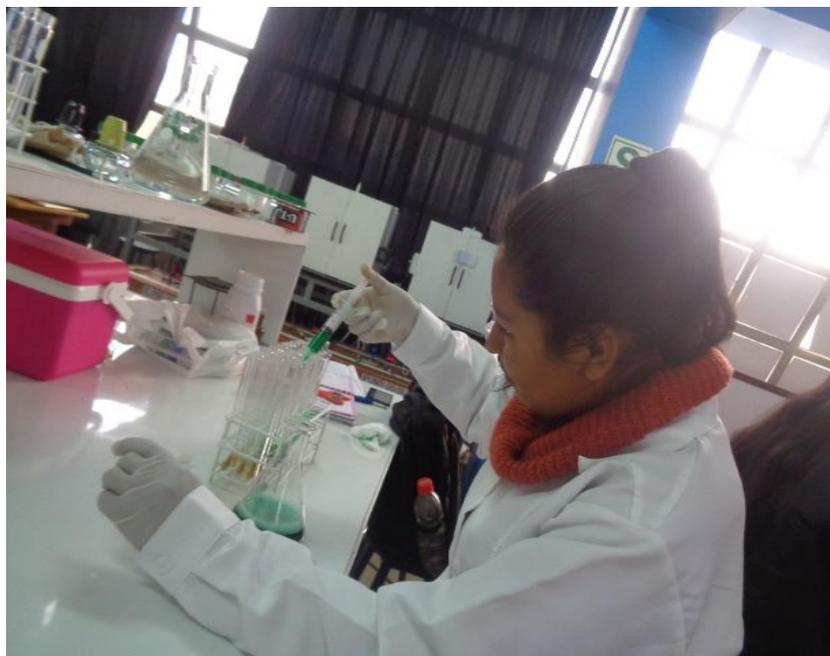
- Santa Rosa. Tesis en química Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Salazar, M. (2015). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca – 2014. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Alti. 96 p.
- Salud, organizacion M. de la. (2006). Guías para la calidad del agua potable primer apéndice a la tercera edición Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud del año 2006.
- SUNASS, S. N. de S. de S. (2004). Análisis de la calidad del agua potable en las empresas prestadoras del Perú: 1995-2003. Libro, 357 p.
- Vasquez, S. (2017). Caracterización fisicoquímica de la calidad del agua del manantial de shita destinada al consumo humano, Cajabamba. Tesis, 120 p.
- Yana, W. (2017). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, en el sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de azangaro, puno. Tesis, 69 p.

VIII. ANEXOS.

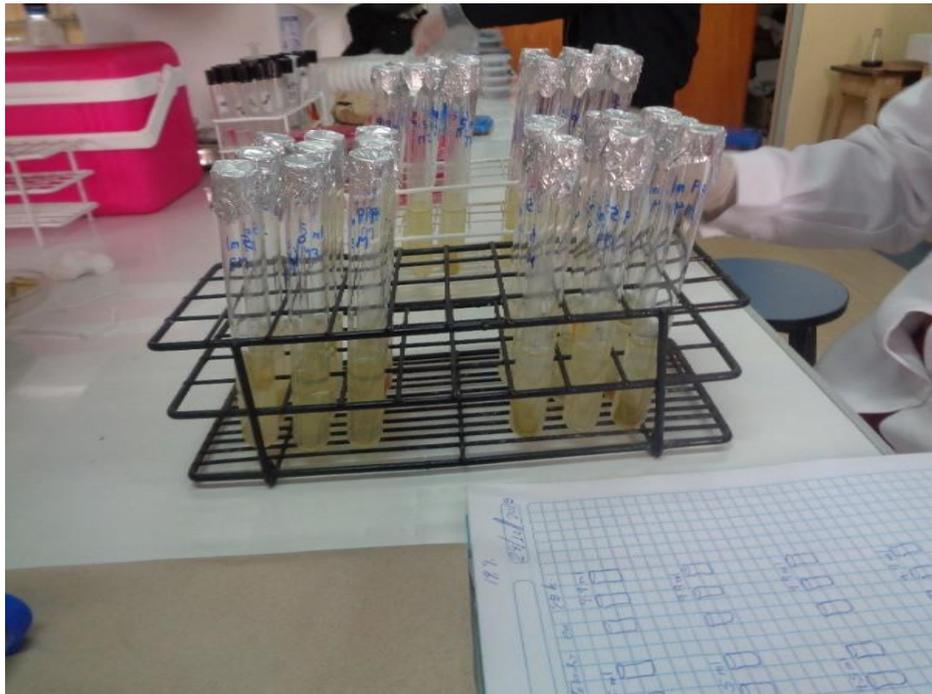
Anexo 1. Trabajo en laboratorio.



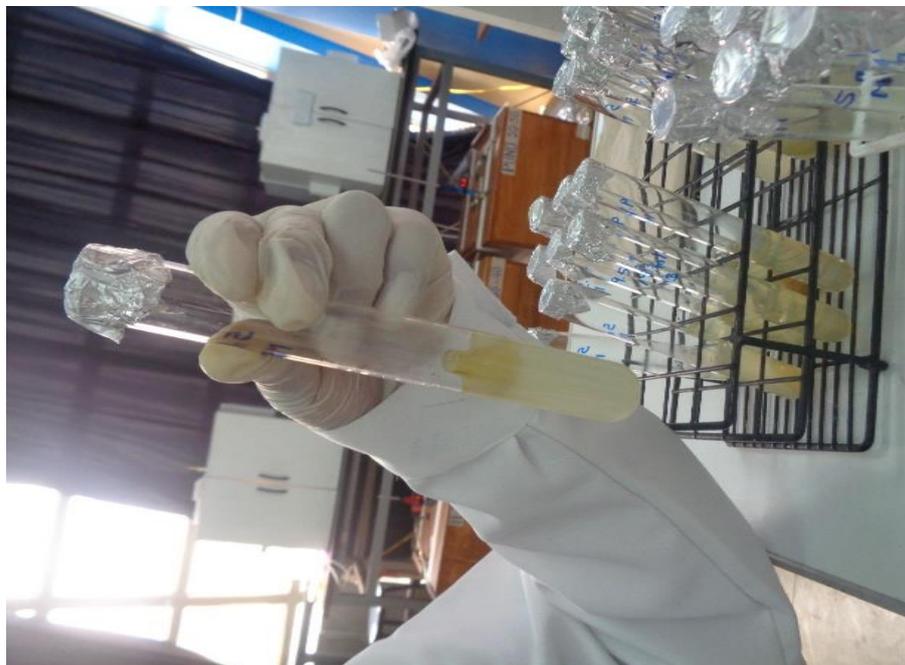
1. Preparacion de cultivo bilis verde brillante.



2. Agregacion del bilis verde brillante a la solucion de caldo lactosado.



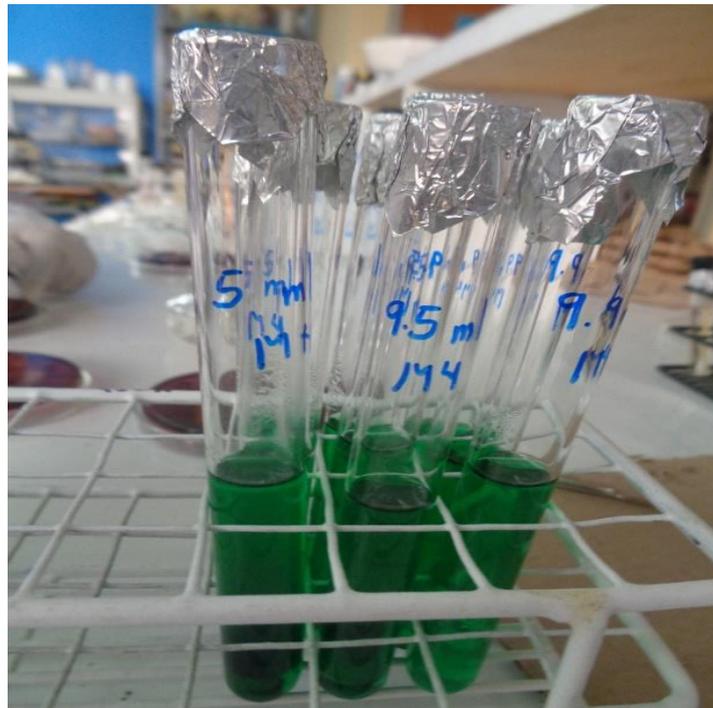
3. Caldo lactosado despues de las 48 horas.



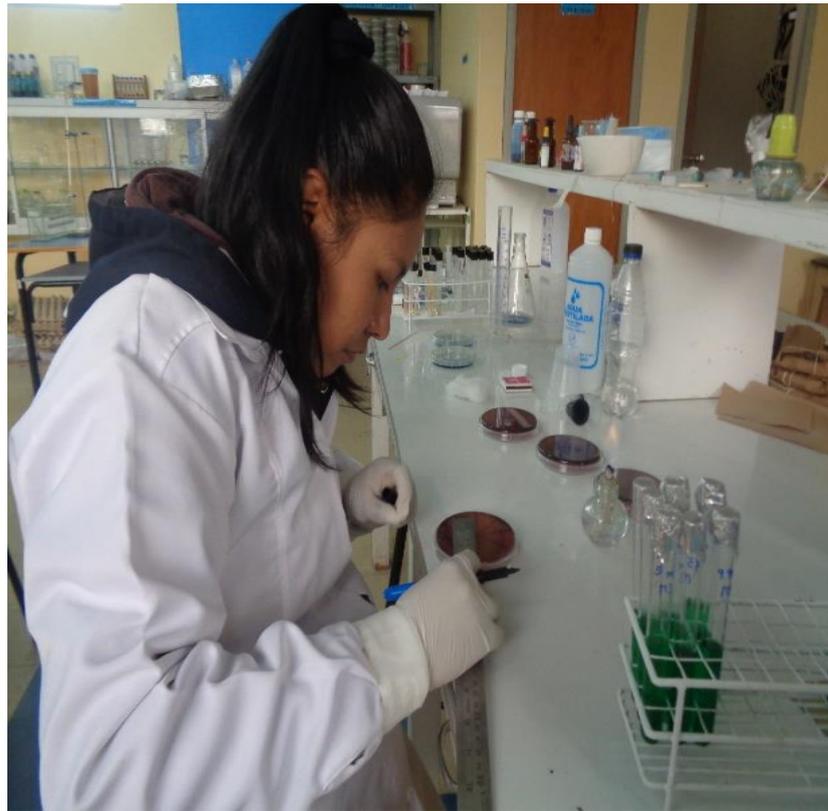
4. Lectura de coliformes totales.



5. Prueba presuntiva – positiva para coliforme fecal.



6. Cultivo de bilis verde brillante para la prueba confirmativa de coliformes termotolerantes.



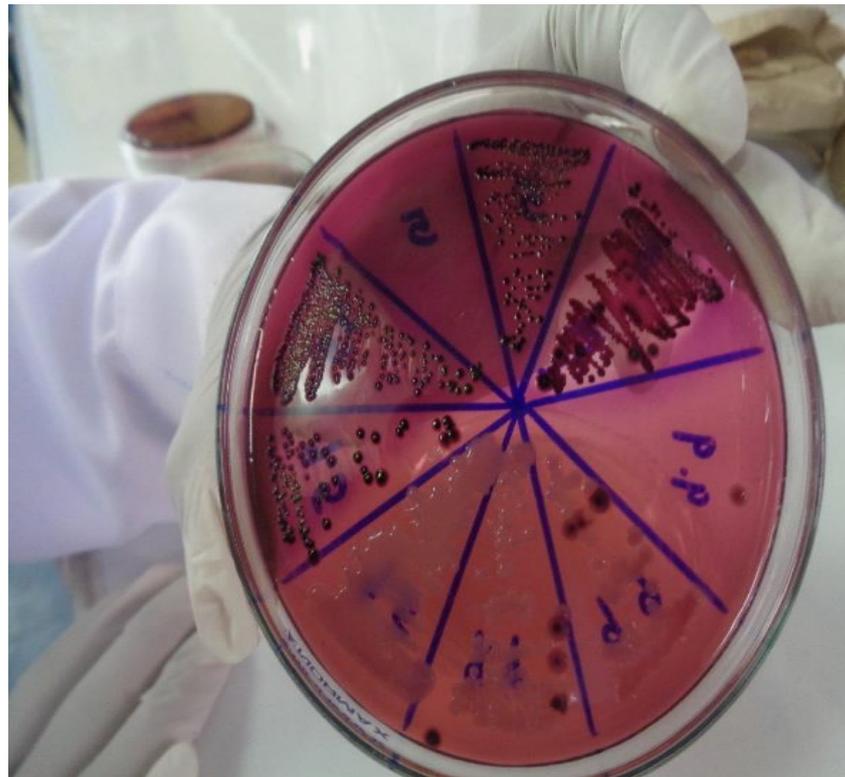
7. Preparación de placas para la siembra *E. coli*.



8. Siembra para confirmación de contaminación del agua en placas.



9. Incubación de las placas por 24 horas



10. Lectura de las placas – positivo (presencia de *E. coli*).

Anexo 2. Constancia de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA

RESOLUCIÓN N° 2787-2017-R-UNA
SUNEDU N°101-2017-SUNEDU/CD
"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.

HACE CONSTAR:

Que el Bachiller, **MARITZA BLANCO COAQUIRA** con código de matrícula **114017**, con DNI: 70519043, egresada de la Facultad de Ciencias Biológicas, programa de Ecología de la Universidad Nacional del Altiplano Puno ha realizado su trabajo de investigación en el Laboratorio de Ecología Acuática titulado "**ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CNSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE CABANILLAS, PROVINCIA SAN ROMAN, DEPARTAMENTO PUNO**", realizado en los meses de agosto a octubre del 2018.

Se emite la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 10 de mayo de 2019

Atentamente,


M.Sc. Alfredo L. Loza Del Carpio
FACULTAD CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE ECOLOGÍA ACUÁTICA