

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**“DETERMINACIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES Y *E. Coli* EN  
AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO DE  
TRAPICHE- ANANEA - PUNO”**

## TESIS

PRESENTADO POR:

**BACH. GUIDO CHAMBI CHOQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
"DETERMINACIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES Y *E. Coli* EN AGUA DE  
CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO DE TRAPICHE- ANANEA -  
PUNO"

TESIS

PRESENTADO POR: BACHILLER GUIDO CHAMBI CHOQUE  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO Y  
ZOOTECNISTA.

APROBADO POR:

PRESIDENTE DE JURADO : .....

Dr. Faustino Adolfo Jahuirá Huarcaya

PRIMER MIEMBRO : .....

Dr. Alberto Ccama Sulica

SEGUNDO MIEMBRO : .....

Mg. Sc. Bilo Wenceslao Calsin Calsin

DIRECTOR DE TESIS : .....

Mg. Sc. Julio Málaga Apaza

ASESOR DE TESIS : .....

Mg.Sc. Oscar David Oros Butrón

ÁREA : Salud pública

TEMA : Saneamiento ambiental

## DEDICATORIA

A mis padres:

Eleodoro Chambi C. (Q.E.P.D.D.G.) Y Felicia Choque M., por su amor, apoyo incondicional, comprensión, consejos y ejemplos de lucha en todo momento con cariño, mi eterna gratitud.

A mis hermanos: Gladys, Rubén, Marleny, Lolo, Elizabeth y Jhonel, por el apoyo incondicional y cariño que me brindaron para seguir adelante. Y con cariño a mis cuñados Balvino, Angélica, Guido V., Reyna.

A mis queridos abuelitos que descansan en paz: Santiago y Martina, por sus palabras de aliento y ejemplo de lucha por salir adelante.

A mis queridos sobrinos: Samir, Juanasho, Pool, Iván, Guido Junior, Mayra, Kiana, Nicole (Sofi). Y como olvidar a mi tía Victoria por su apoyo incondicional en todo momento.

Con mucho cariño ami amore Yenny S. R. y Camila de Liz, que forman parte de mi vida.

**De: Guido**

## AGRADECIMIENTO

A la primera casa de estudios de nuestra. Universidad Nacional del Altiplano – PUNO. Y en especial a la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Por darnos la oportunidad de ser hoy profesionales, preparados para contribuir en la mejoría de nuestro país.

A mi familia por su apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil.

A mi director de tesis Dr. Julio Málaga Apaza por brindarme su apoyo, amistad y tiempo dedicado para guiarme en la redacción del presente trabajo de investigación.

A mi asesor de Tesis MVZ Mg. Sc. Oscar David Orós Butrón por su apoyo y amistad incondicional en el desarrollo de la 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.

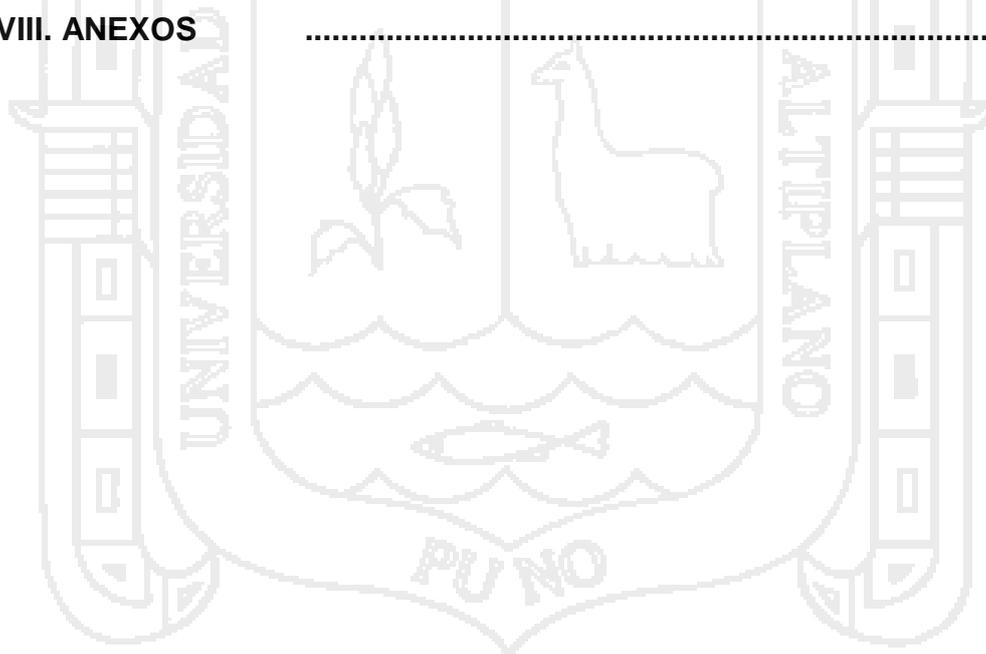
***A todos y cada uno de Uds, muchas gracias.***

***Guido Chambi***

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	
<b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. El agua.....	3
2.1.2. Acuíferos .....	4
2.1.3. Clasificación de las aguas .....	5
2.1.4. Acequia .....	7
2.1.5. Agua potable .....	8
2.1.6. Calidad de agua de consumo humano.....	8
2.1.7. Clasificación de aguas para consumo humano.....	9
2.1.8.Características organolépticas del agua. ....	10
2.1.9.Características físicas del agua. ....	12
2.1.10. Enfermedades de transmisión Alimentaria y agua .....	13
2.1.11. Tratamiento del agua. ....	14
2.1.12. Desinfección del agua.....	166
2.1.13.Clarificación. ....	18
2.1.14. Bacteriología del agua. ....	188
2.1.14. Parámetros bacteriológicos para el agua.....	19
2.1.15. Indicadores microbiológicos de la calidad del agua potable. ....	200
2.1.16. Análisis Microbiológico del Agua.....	23
2.1.17. Contaminación del agua. ....	23
2.1.18. Enfermedades asociadas al agua.....	266
2.1.19. Técnicas de análisis microbiano en aguas.....	277
2.1.20. Vigilancia sanitaria del agua potable.....	288
2.1.21. Vigilancia de la calidad de los servicios rurales de abastecimiento de agua. ....	30
2.1.22. Información a obtener para determinar la calidad de los servicios rurales de abastecimiento de agua. ....	31
2.1.23. Programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Puno. ....	333
2.1.24. Opciones técnicas para sistema de abastecimiento de agua en ámbito rural y pequeñas ciudades.....	344
2.2. ANTECEDENTES .....	366
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>411</b>
3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	411
3.2.UNIDADES DE ESTUDIO.....	411
3.3.EQUIPO Y MATERIAL DE LABORATORIO .....	422
3.4. METODOLOGÍA.....	444

3.4.1 PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO.....	444
3.4.2 Técnica de Fermentación Múltiple en Tubos, Numero Más probable (NMP).....	466
3.4.3. Número más probable (NMP) para <i>Escherichia coli</i> .....	49
3.4.4. Metodología para determinar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua. ....	500
3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO.....	500
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>522</b>
4.1. Contaminación de fuentes de Abastecimiento de agua de consumo.....	522
4.2. Presencia de <i>Escherichia coli</i> en fuentes de abastecimiento del agua de consumo de los pobladores rurales y del centro poblado de Trapiche Ananea – Puno.....	533
4.3. Estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua de consumo humano en el centro poblado de Trapiche. ....	59
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>700</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>766</b>



## RESUMEN

El trabajo de investigación fue realizado en el Centro Poblado de Trapiche del Distrito de Ananea – San Antonio de Putina; con el objetivo de determinar la contaminación con bacterias Coliformes y *Escherichia coli* y determinar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua para el consumo humano. Para lo cual fueron considerados 54 muestras de agua que se obtuvo de 10 piletas, de 20 acequias y de 24 pozos artesanales, y estos fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano – PUNO. Los indicadores que se obtuvieron son número de fuentes de abastecimiento contaminados y no contaminados; de los positivos se logró el Número Más Probable (NMP). Los datos positivos y negativos a la contaminación del agua han sido analizados a través de la prueba estadística de ji-cuadrado, y el NMP de coliformes y *Escherichia coli* han sido analizado mediante diseño completamente al azar. Los resultados de la proporción de contaminación fue mayor en las piletas 70 %, pozos 54 % y acequias 40 %. Y el número más probable de *Escherichia coli* fue mayor en pozos  $11.46 \pm 3.36$  comparado a la de acequias y piletas que tuvieron  $7.75 \pm 2.43$  y  $6.28 \pm 2.21$  NMP de *Escherichia coli*, respectivamente ( $P \leq 0.05$ ); determinándose que las tres fuentes de abastecimiento de agua NO ES APTO para consumo humano, según el acuerdo a la Norma Técnica Sanitaria Nro. 071 MINS/DIGESA-V.01, XVI.4 expuesto en la Resolución Ministerial Nro. 591-2008/MINSA. En la evaluación del estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua, están deteriorados debido a que no programan en el mantenimiento.

**Palabra clave:** Contaminación agua, coliformes, *Escherichia coli*, NMP

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento básico en la composición y funciones de todos los seres vivos, así como es, el vehículo por excelencia de agentes patógenos. El agua puede comprometer a la salud y la vida si contiene estos microorganismos patógenos; los más frecuentes que se transmiten a través del agua son aquellos que corresponden a la ruta oral – fecal y que causan infecciones del tracto intestinal así como fiebre tifoidea, cólera, enteritis virales, diarreas, etc., estos microorganismos están presentes naturalmente en animales y en las heces u orina de las personas infectadas por lo que pueden pasar al agua y en última instancia sirve como fuente de bebida, higiene, recreación, riego de cultivos.

La morbilidad de enfermedades diarreicas agudas se registró un promedio de 9 casos mensuales en niños menores de 5 años, y Las enfermedades infecciosas intestinales se encuentra dentro de las 5 primeras causas y a nivel mundial la diarrea está asociada en un 94% a factores de riesgo ambientales, tales como consumo de agua no potable, saneamiento e higiene insuficientes (OMS, 2006).

En el Centro Poblado y los sectores de la comunidad de Trapiche cuenta con una población de 339 habitantes, esta población consume agua de red pública y en los sectores de la comunidad se abastecen de agua de acequias y pozos, en los cuales se observaron la presencia de fitoplancton y zooplancton, al no practicar el mantenimiento se sospecha la presencia del contenido bacteriológico por los factores de riesgo como es por la acción del hombre y de los animales.

Los resultados de la presente investigación, contribuirá para que la población implemente medidas preventivas para mejorar la calidad e inocuidad del agua, puesto que existe el riesgo de contraer enfermedades a origen alimentario y recurrir a entidades públicas y privadas para mejorar la calidad del agua de consumo humano.

Por las razones expuestas sobre contaminación bacteriológica de las fuentes de abastecimiento de agua en el centro poblado y sectores de la comunidad de Trapiche, se planteó los siguientes objetivos:

Determinar la presencia de bacterias coliformes y *Escherichia coli* en pozos y acequias del agua de consumo humano del centro poblado de Trapiche - Ananea – Puno.

Determinar la presencia de bacterias coliformes y *Escherichia coli* en las piletas del centro poblado de Trapiche - Ananea – Puno.

Evaluar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua de consumo humano, del centro poblado de Trapiche Ananea - Puno.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1.1. El agua

Es la parte esencial de los seres vivos, hombre animal y vegetal, cuyos cuerpos se componen de agua. La vida ha utilizado el agua como medio de dilución y transporte interno de los elementos y sus combinaciones, necesarios para el desarrollo de los organismos. El agua abunda en la tierra y es fundamental para la vida (Prieto, 2004).

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental (MINSa, 2011).

El agua recurso natural, elemento esencial de la supervivencia de todos los seres vivos, presenta propiedades físicas, químicas y biológicas estructuralmente relacionadas, no podría realizarse ningún proceso vital de la vida vegetal y animal; que siempre dependen del agua. En la actualidad con el afán de elevar el bienestar de la colectividad se programan y planifican una serie de medidas tendientes a resolver los numerosos problemas

de la salud ya que el agua se comporta como un medio de difusión de enfermedades por tal razón debe vigilarse permanentemente la calidad sanitaria de la misma para evitar epidemias (Álvarez, 1991).

El recurso hídrico, en el territorio peruano, está siendo altamente afectado por la presión humana, agravando cada vez más su disponibilidad (cantidad y calidad). Estos factores de presión son fundamentalmente la sobreexplotación de acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, los cambios en el uso del suelo tales como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, entre otros (Ordoñez, 2011).

### **2.1.2. Acuíferos**

Ordoñez (2011) indica que un acuífero es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos es una parte importante del ciclo hidrológico. Se han realizado estudios que permiten calcular que aproximadamente el 30 por ciento del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea y se pueden clasificar en:

Acuíferos libres. Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros. (Figura 1)

- Acuíferos confinados. Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden, procede de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero (Figura 1).
- Acuíferos semiconfinados. Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua.

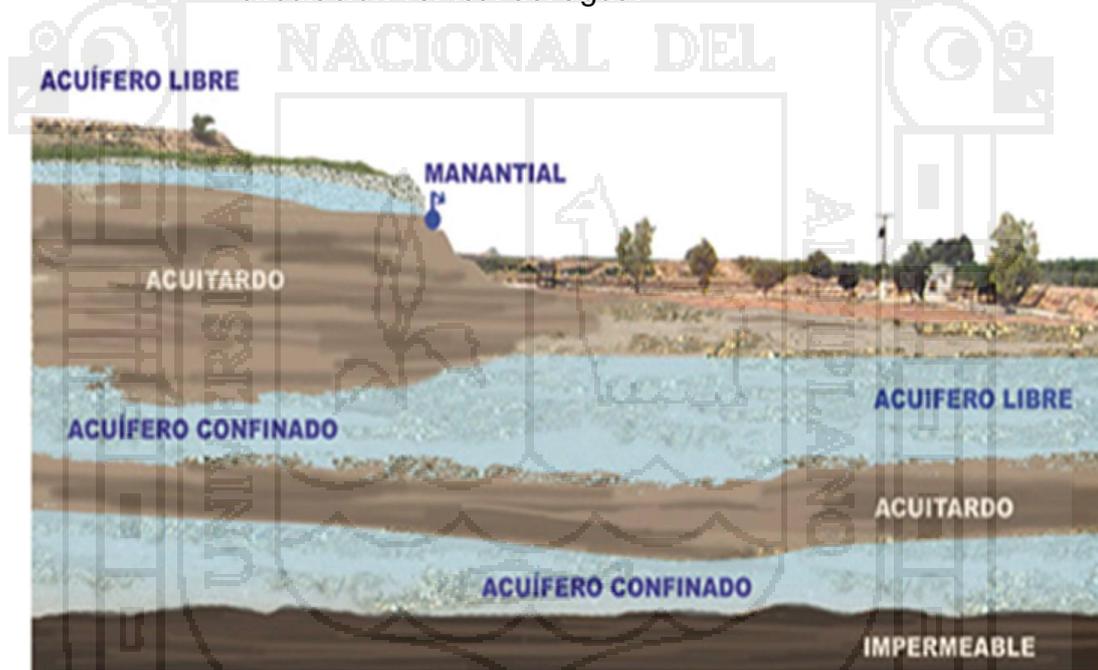


Figura. 1. Tipos de acuíferos

### 2.1.3. Clasificación de las aguas.

Prieto (2004), clasifica a las fuentes de agua de la siguiente manera:

Agua de manantial. Un manantial o nacimiento es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser

permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua de lluvia o de nieve que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable. Dependiendo de la frecuencia del origen (caída de lluvia o de nieve derretida que infiltra la tierra), un manantial o nacimiento puede ser efímero (intermitente), perenne (continuo), o artesiano.

- Pozos artesianos. Son manantiales artificiales, provocados por el hombre mediante una perforación a gran profundidad y en la que la presión del agua es tal que la hace emerger en la superficie.
- Aguas superficiales. Es el conjunto de aguas que se encuentran sobre la superficie terrestre: ríos, lagos, embalses, etc. cuando se encuentran en cantidades suficientes, es una importante fuente de abastecimiento para el consumo humano. Las características de esta agua están directamente condicionadas por las propiedades del terreno por el que discurren, ya que el carácter bipolar de su molécula le confiere un alto poder disolvente y al discurrir en contacto con los materiales de suelo.

Por su parte Ordoñez (2011) describe a las fuentes de agua como:

- Pozo. Es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea una reserva de agua subterránea del nivel freático o fluidos como el petróleo. Generalmente de forma cilíndrica, se suele tomar la precaución de asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe.

- Agua subterránea. Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales (Figura Nro. 2)

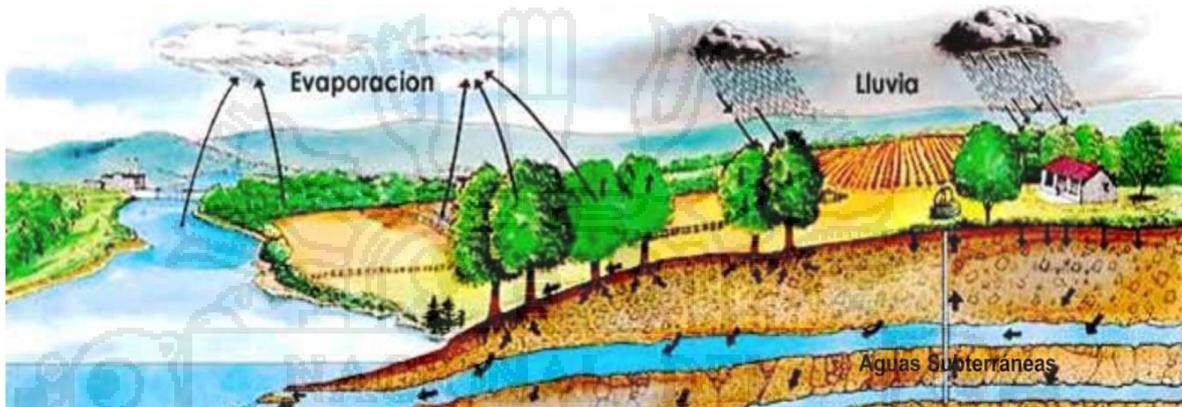


Figura 2. El agua subterránea como parte del ciclo hidrológico

#### 2.1.4. Acequia.

- Zanja o canal por donde se conducen las aguas para regar y para otros fines. Una acequia es un canal por donde se conducen las aguas para regar. De origen árabe, estas construcciones, a pesar de ser conducciones de agua, difieren de los tradicionales canales heredados de los romanos. El uso principal es el riego del campo y la utilización de los planos y niveles del terreno para la distribución y conducción del agua, por lo que suelen distribuirse en ramales <http://www.boletinagrario.com/ap-6,acequia,918.html>.

#### 2.1.5. Agua potable

El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud

cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal (OMS, 2006).

#### **2.1.6 Calidad de agua de consumo humano.**

La calidad de agua de consumo humano determina que se encuentre libre de elementos de contaminación y conviertan en un vehículo para la transmisión de enfermedades. Por su importancia para la salud pública, la calidad del agua merece especial atención. Sin embargo y sobre todo en países en desarrollo a este problema se le ha prestado poca atención, la cantidad y la cobertura son tan importantes como la calidad de la misma para prevenir las enfermedades de origen hídrico. El acceso a los servicios de agua potable debería ser garantía de que se está consumiendo agua segura, sin embargo, en muchos casos no es así, porque el agua es de mala calidad y no cumple las normas de potabilidad, aunque se distribuya a través de redes entubadas y conexiones domiciliarias (OMS, 2006).

### 2.1.7. Clasificación de aguas para consumo humano.

Las aguas se clasifican en cuatro grupos (ver cuadro siguiente) según su calidad o aptitud para el consumo humano. Para hacer esta clasificación se usan unos 20 parámetros de los que los más importantes son: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), NTK (Nitrógeno Total Kjeldahl), conductividad eléctrica (medida de la salinidad), Cl<sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>, recuentos microbiológicos y algunos metales pesados (Fe<sup>++</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>+</sup>, Cu<sup>++</sup>, Cr<sup>++</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Cr<sup>6+</sup>). La clasificación resultante se muestra en el cuadro Nro. 1

**CUADRO 1: Clasificación de las aguas para consumo humano**

TIPO	CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS PARA CONSUMO HUMANO
A1	Aguas potabilizables con un tratamiento físico simple, como filtración rápida y desinfección.
A2	Aguas potabilizables con un tratamiento físico-químico normal, como precloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.
A3	Aguas potabilizables con un tratamiento adicional a la A2, tales como ozonización o carbón activo.
A4	Aguas no utilizables para el suministro de agua potable, salvo en casos excepcionales, y con un tratamiento intensivo.

*Fuente: legislación española en el R. D. 927/1988 de 29 de julio*

### 2.1.8. Características organolépticas del agua.

**Color:** Se debe a las partículas en suspensión y disueltas, las algas pueden provocar un color verdoso, mientras que la presencia de formas solubles de hierro y manganeso le da un tono de amarillo a pardo, los desechos de cromato le da color amarillento, la presencia de color es indicador de calidad deficiente. Toda agua potable debe ser transparente y no poseer partículas insolubles en suspensión como limo, arcilla, materia mineral, algas, etc. Si el agua es turbia son rechazadas por el consumidor y por tanto no son recomendables para el consumo humano, a pesar que fuesen potables a nivel químico y microbiológico. Para el agua turbia la eficacia de la desinfección mediante cloro es menor ya que las partículas en suspensión, inorgánicas y orgánicas del plancton, engloban bacterias y virus que el cloro no destruye.

*[http://www.ambientum.com/enciclopedia/aguas/Caracteristicas\\_fisicas\\_y\\_organolepticas.as](http://www.ambientum.com/enciclopedia/aguas/Caracteristicas_fisicas_y_organolepticas.as)*

#### 2.1.8.1. Turbidez:

Es una característica fundamental para el control de los tratamientos del agua en las plantas potabilizadoras o estaciones de tratamiento de agua potable siendo una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, mide la claridad del agua mediante la cantidad de sólidos como

arena, arcilla y otros materiales en el agua. Mientras más sucia parece el agua más alta es la turbidez. Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe ser más, en ningún caso, de 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU (OMS, 2006).

#### **2.1.8.2. Olor:**

En su forma pura, el agua no produce sensaciones olfativas, el olor en el agua puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido. Aun cuando esta propiedad pueda tener un amplio espectro de posibilidades para propósitos de calidad de aguas existen ciertos aromas característicos que tipifican algunas fuentes u orígenes del agua. (Clair et al., 2000).

#### **2.1.8.3 Sabor:**

El sabor va en función de las sales. El límite de NaCl es de 300 – 400 mg, y el de sulfato de calcio es de 500 – 600 mg. El sabor también va a depender de la temperatura, así también la cloración en presencia de compuestos fenólicos puede imprimir un mal sabor en el agua, por la

formación de derivados clorados que producen un sabor a derivados fenólicos (Carranza, 2001).

## **2.1.9. Características físicas del agua.**

### **2.1.9.1. Temperatura:**

Es un parámetro muy importante sobre el desarrollo de la vida acuática, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico como el pH, déficit de oxígeno y conductividad eléctrica. La importancia de la temperatura se basa en el oxígeno que es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Los riesgos de las temperaturas elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de microorganismos, plantas acuáticas y hongos. La temperatura normal de agua de pozo es menor a 25°C y en el agua potable es entre 10 a 15°C. (Spellman, 2004).

### **2.1.9.2. Potencial de hidrogeniones pH:**

Es un valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica (APHA – AWWA – WPCF, 1992). El pH se define como el logaritmo de la

concentración del ion hidrogeno y es un indicador de la calidad del agua. Valores superiores de pH 11 produce irritación ocular y problemas cutáneos (Crites & Tchobanoglous, 2000).

#### **2.1.10. Enfermedades de transmisión Alimentaria y Agua.**

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) son producidas por la ingestión de alimentos o agua contaminados con agentes químicos o microbiológicos en cantidades tales que afectan la salud del consumidor a nivel individual o en grupos de población. La contaminación puede deberse a la deficiencia en el proceso de elaboración, manipulación, conservación, transporte, distribución o comercialización de alimentos y agua (MINSA, 2012).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), la incidencia anual de diarrea estimada en el mundo es de 1.500 millones de casos y, se ha descrito que el 70% de las diarreas se originan por la ingestión de alimentos contaminados con microorganismos y/o sus toxinas. Alrededor de 250 son los agentes causantes de ETA, como bacterias, virus, hongos, parásitos, priones, toxinas y metales

En el Perú, donde solo el 38% de hogares tienen acceso a agua, las ETAS son indudablemente, un importante problema de salud pública, las cuales a menudo, ocurren como brotes, por lo que

la vigilancia epidemiológica es de vital importancia. Nuestro país incluye la Notificación obligatoria e inmediata de las ETAS al sistema de vigilancia, también desarrolla una vigilancia de los agentes patógenos causantes de ETA más frecuentes en el país mediante una variedad de métodos de tipificación. Mediante el Sistema de Vigilancia Epidemiológica, entre los años 2010 al 2012 se han reportado un promedio de 35 brotes de ETA por año, 47 % de los cuales se relacionaron clínicamente con casos agudos de salmonelosis (MINSA, 2012).

#### **2.1.11. Tratamiento del agua.**

Water Works Association (2002) indica que el agua previamente debe someterse a una serie de operaciones físicas al objeto de retirar de ella las materias que por sus propiedades o tamaño podría dificultar su posterior tratamiento. Siendo los más importantes:

##### **2.1.11.1. Desbaste:**

Es un tamizado de agua a través de un sistema de rejas de un determinado tamaño de luz. Según la malla se puede hablar de desbaste fino, con rejas cuya separación es menor a 19 mm, desbaste medio, con rejas se hallan separadas entre 10 y 25 mm, y el desbaste grueso o predesbaste, con rejas de luz superior a 5 cm.

##### **2.1.11.2. Diaceleración**

Se trata de desintegrar sólidos y desmenuzarlos, en lugar de separarlos del evitando la evacuación de sólidos

y restos separados del agua asociada al desbaste, pero se corre el peligro de que si el desmenuzamiento no es efectivo se pueden provocar obstrucciones y malos funcionamientos, sobre todo en equipos de la estación de tratamiento como bombas, tuberías, etc.

#### **2.1.11.3. Cloración al breakpoint:**

Consiste en la adición de cloro para la desinfección y oxidación. Con estas dos propiedades se contribuye a eliminar hierro, manganeso, sulfuros, amoníaco y otras sustancias reductoras. También reduce sabores existentes antes de la cloración y reduce el crecimiento de algas y otros microorganismos presentes en el agua.

#### **2.1.11.4. Coagulación,**

Floculación: Las impurezas se encuentran en el agua superficial como materia en suspensión y materia coloidal. Las especies coloidales incluyen arcilla, sílice, hierro, otros metales y sólidos orgánicos. La coagulación y floculación causan un incremento de tamaño del floculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas.

#### **2.1.11.5. Decantación:**

Es el proceso de separación de un líquido de sólidos o de un líquido de mayor densidad mediante el trasiego de la capa superior después de que la materia más

pesada ha sedimentado esto se da mediante unidades que pueden clasificarse en: Decantadores de flujo horizontal: Son los más utilizados a nivel de la purificación del agua, la distribución de caudales en tanques rectangulares, se produce por un extremo, existiendo pantallas reflectoras que atraviesa la longitud del tanque hasta los vertederos de evacuación. Decantadores de flujo vertical: Se suelen utilizar únicamente en aplicaciones de floculación y decantación.

#### **2.1.11.6. Filtración:**

Coulson (2003) denomina así al proceso de separación de sólidos en suspensión en un líquido mediante un medio poroso, que retiene los sólidos y permite el pasaje del líquido como los complejos sistemas de tratamiento de agua potable destinada al suministro urbano. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros. El medio filtrante más utilizado es la arena, sobre un lecho de grava como soporte.

#### **2.1.12. Desinfección del agua.**

Carranza (2001) indica que la desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y/o físicos. Estos agentes también extraen contaminantes orgánicos del agua, que son

nutrientes o cobijo para los microorganismos. Los desinfectantes deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la re-contaminación del agua. La etapa final del proceso de tratamiento de aguas potables siempre es la desinfección. En algunos casos en las plantas muy sencillas, ésta es la única etapa del proceso.

#### **2.1.12.1. Tratamientos físicos:**

Son los menos utilizados, dentro de este tipo de tratamientos se puede incluir la aplicación de calor pero además de ser costoso, deja mal sabor ya que elimina el oxígeno disuelto y las sales presentes en el agua.

#### **2.1.12.2. Tratamientos químicos.**

Los agentes químicos desinfectantes más utilizados son el cloro, el dióxido de cloro y el ozono. Dentro de los que se tiene al cloro en su forma gaseosa o como Hipoclorito de Sodio o Calcio. La aceptación del cloro es debida a su capacidad de oxidar sustancias inorgánicas como hierro, manganeso, nitritos que causan mal sabor, corrosión y deterioro en el agua.

#### **2.1.12.3. Radiación.**

Así también la aplicación de ozono, radiaciones como UV, rayos X y los rayos gamma. La radiación que más se utiliza es la UV debido a su bajo costo.

#### **2.1.13. Clarificación.**

Es el agregado de coagulantes o poli electrolitos puede hacerse a temperatura ambiente o a temperaturas más elevadas. La secuencia clarificación filtración fue implementada en numerosas plantas potabilizadoras para obras sanitarias y es actualmente el tratamiento más difundido en establecimientos industriales y de aguas de consumo que captan aguas superficiales (Carranza, 2001).

#### **2.1.14. Bacteriología del agua.**

La calidad microbiológica del agua para consumo humano es de gran importancia primaria y el monitoreo de un indicador bacteriano tal como el coliforme total y el coliforme termotolerante debe tener la más alta prioridad. Por otra parte, la contaminación química también es importante, pero ella no está asociada con efectos agudos sobre la salud humana y tiene una menor prioridad a corto plazo que la contaminación bacteriológica, dado que muchas veces resulta irrelevante en zonas donde enfermedades microbianas relacionadas con el agua y enfermedades parasitarias, muestran elevados índices de prevalencia.

Por otra parte, en sistemas de baja confiabilidad, la constante interrupción del servicio de abastecimiento de agua, conduce al deterioro de la calidad física, química y principalmente

bacteriológica del agua a nivel intradomiciliario, a causa de su manejo y almacenamiento inadecuado (Rojas, 2002).

Más del 80% de las bacterias descritas en el Manual de Bergey pueden aislarse del agua. Teniendo en cuenta la respuesta a la tinción de Gram. La morfología y el hábitat de muchas *Pseudomonas* coinciden con bacterias entéricas como *Escherichia coli* pero se diferencian en que no fermentan azúcares.

Para enjuiciar la calidad de las aguas se recorre a parámetros físicos, químicos y biológicos, los parámetros bacteriológicos tienen mayor importancia para dictámenes higiénicos donde es preciso hallar el número de gérmenes saprofitos o *E. coli* y otras bacterias procedentes del intestino humano como indicadores de contaminación.

Conviene destacar la importancia que tienen las cifras de *E. coli* y coliformes, pertenecientes a las enterobacterias que fermentan lactosa con producción de gas y ácido. Para determinar el número de estas bacterias se suele emplear medio selectivo de Endo (Pelczar et al., 1990).

#### **2.1.14. Parámetros bacteriológicos para el agua.**

**CUADRO 2.** Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano (Norma

Técnica Sanitaria Nro. 071 MINSA/DIGESA-V.01, XVI.4.- Agua y hielo para consumo humano).

AGENTE MICROBIANO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Bacterias coliformes termotolerantes ó Escherichia coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
Bacterias heterotróficas	UFC / mL a 35°C	500
Huevos de helmintos	Nº/100 mL	0

(\*) En caso de analizar por el método de NMP = < 2.2 / 100 mL.

Fuente: Resolución Ministerial Nro. 591-2008/MINSA

### 2.1.15. Indicadores microbiológicos de la calidad del agua potable.

Los patógenos más comunes que se transmiten mediante el agua incluyen cepas de *Salmonella* causante de fiebre tifoidea y gastroenteritis, *Shigella* causa la disentería bacilar o shigellosis, *Leptospira*, *Escherichia coli* entero patogénica causa la gastroenteritis, *Pasteurella*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium*, virus humanos entéricos causa la hepatitis infecciosa, polio, quistes de *Entamoeba histolytica* que causan la disentería amebiana y larvas de lombrices intestinales (Geldreich, 1972).

#### 2.1.15.1. Grupo coliformes.

Los coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación. Este grupo de microorganismos pertenece a la familia de las enterobacteriaceas. Los siguientes géneros conforman el grupo coliformes: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*,

*Citrobacter* y *Serratia*. Los organismos coliformes son buenos indicadores de la calidad higiénica de los alimentos, se basa en la experiencia positiva adquirida en el agua. El hallazgo de gran número de organismos en los alimentos y en el agua indica la polución o contaminación fecal. Ya que las enfermedades transmitidas por el agua generalmente son de carácter intestinal, la presencia de polución indica la posibilidad de que existan agentes etiológicos productores de enfermedades gastrointestinales (Aurazo, 2004).

#### **2.1.15.2. Coliformes totales.**

El grupo coliforme está formado por todas las bacterias Gram (-), de morfología bacilar, aerobias o anaerobias facultativas, oxidasa negativas, no esporogénicas y capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas a 35°C dentro de las 48 horas. Las bacterias coliformes pueden hallarse en heces como en el medio ambiente, por ejemplo aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición. También hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces pero que se multiplican en el agua (OMS, 2006).

#### **2.1.15.3. Coliformes fecales:**

Las bacterias de origen fecal se incluyen dentro la familia *Enterobacteriaceae*, se desarrolla a 44 – 45° C en

medios complejos, fermentan la lactosa y el manitol liberando ácido y gas. Pueden ocasionar gastroenteritis, diarreas, vómitos intensos y deshidratación y se caracterizan por habitar en el tracto gastrointestinal del hombre y otros animales (OMS, 2006).

Los coliformes fecales forman parte del total del grupo de coliformes y son definidas como bacilos Gram (-), no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5° C dentro de las 24 horas. La mayor especie en el grupo de coliformes fecales es la *Escherichia coli* y en menor grado las especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (DIGESA, 2008).

#### **2.1.15.4. *Escherichia coli*:**

Es un bacilo grueso de 1.5 por 4 $\mu$ , la mayoría de las especies son móviles porque tienen flagelos peritricos típicos de las enterobacterias, su cultivo se realiza en medios diferenciales para el aislamiento permiten una rápida identificación de las cepas lactosa positivas, como el agar EMB y Agar McConkey, la diferenciación con otras enterobacterias se verifica de forma sencilla atendiendo los caracteres bioquímicos, comprobando la fermentación de la lactosa y la producción de indol con ausencia de actividad frente al citrato y la urea (Nicolet, 2003).

## **2.1.16. Análisis Microbiológico del Agua.**

### **2.1.16.1. 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, se basa en la hipótesis de una dispersión de Poisson o dispersión aleatoria. 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).

### **2.1.17. Contaminación del agua.**

De acuerdo a la definición que da la (OMS, 2006) la contaminación del agua debe considerarse como las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que pueden hacer perder a ésta su potabilidad para el consumo diario o su utilización para actividades domésticas, industriales, agrícolas, etc., como asimismo los cambios de temperatura provocados por emisiones de agua caliente (polución térmica).

A continuación tenemos tres informes importantes para enmarcar mejor el problema. Solo el 1% del agua que existe en nuestro planeta puede ser aprovechado hasta ahora por los seres vivos. El 79% se encuentra en los océanos y el 2% restante

congelada. En América existe suficiente volumen de agua para satisfacer las necesidades de la población creciente. No obstante el agua se encuentra desigualmente distribuida. Las fuentes que originan la contaminación del agua son múltiples aunque quizá podemos responder a esta interrogante si tomamos en cuenta cuales son los usos del agua, así, las fuentes de contaminación se atribuyen generalmente a tres sectores: el sector social, debido a la generación de residuos de origen doméstico y público; el sector agropecuario, debido a los animales, al uso de insecticidas y abonos químicos; y el sector industrial, debido a la existencia de desechos directos a los sistemas de drenaje, la lluvia ácida y otros (Hernández, 2000).

#### **2.1.17.1 Consecuencias de la contaminación del agua**

Afectan principalmente a la salud humana. La presencia de nitratos (Sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El control de la potabilidad y calidad es sumamente importante si se tiene en cuenta que el agua es un importante vehículo de transmisión de enfermedades por bacterias, virus, protozoos, helmintos, o por contaminación físico química debido a la aparición de sustancias no deseables o que siendo elementos de la composición habitual del agua superan la concentración máxima admisible (CMA), de procedencia natural o artificial. Revisiones de algunos trabajos de potabilidad en

pozos y fuentes de manantial revelan que en el 60% de los pozos y el 30% de las fuentes se detecta contaminación bacteriana de origen fecal (García et al., 2003).

#### **2.1.17.2. Indicadores biológicos de la contaminación del agua.**

El análisis de la evaluación de la calidad del agua consiste, generalmente, en la determinación de indicadores bacteriológicos los grupos de bacterias considerados como indicadores, son los coliformes totales y fecales. El indicador ideal es el que se encuentra presente cuando existen bacterias patógenas de origen fecal y cuyo número está relacionado directamente con el nivel de contaminación. El indicador tradicional de la calidad microbiológica son las bacterias de los coliformes fecales especialmente *Escherichia coli*. Los coliformes fecales están estrechamente relacionados con la probabilidad de encontrar patógenos excretados, mientras que los miembros del grupo coliforme total están ampliamente distribuidos en la naturaleza (Jiménez, 2002).

Para la investigación del agua Arcos *et al.* (2005) menciona que se requiere la búsqueda y aplicación de indicadores biológicos de contaminación fecal, aceptándose de forma universal que deberían cumplir con los siguientes criterios:

- Ser un constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos
- Estar presente, de forma exclusiva en las heces de los animales homeotermos.
- Estar presentes cuando los organismos patógenos intestinales lo están.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- Debe ser incapaz de reproducirse en el intestino de los animales homeotermos.
- Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias patógenas (su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal). Debe ser fácil de aislar y cuantificar.

#### **2.1.18. Enfermedades asociadas al agua.**

En la actualidad, gran parte de las enfermedades, principalmente en los países tercermundistas dada la falta de recursos, se transmiten por la vía hídrica, la transmisión a través de agua de organismos patógenos ha sido la fuente más grave de epidemia de algunas enfermedades. Entre las especies más conocidas se mencionan: fiebre tifoidea producido por (*salmonella typhi*), fiebre paratifoidea producido por (*salmonella paratyphi*), cólera producido por (*Vibrio cholerae*), tularemia producido por (*Brucella tularensis*), disentería bacilar producido por (*Sigella spp*), gastroenteritis producido por (*Salmonella spp*), enfermedad de

Weil (Leptospirosis) producido por (*Leptospira icterohaemorrhageae*) los seis primeros son casi el resultado de contaminación fecal, la enfermedad de weil o ictericia de Weil ocurre esporádicamente entre trabajadores de alcantarillado; el reservorio de la infección las ratas (Romero, 2009).

## **2.1.19. Técnicas de análisis microbiano en aguas.**

### **2.1.19.1. Cultivo en Placa.**

El vertido en placa y el esparcido en placa son métodos utilizados para realizar la siembra, identificación y conteo de bacterias, en el método de vertido en placa, la muestra de agua que va a ser analizada se somete a diluciones sucesivas, y una muestra de cada dilución se coloca en una caja para la siembra de bacterias parte el medio de cultivo se calienta hasta que se encuentre en estado líquido y puede ser vertido en una placa para mezclar con la muestra diluida, para su posterior incubación bajo condiciones controladas, al transcurrir el periodo de incubación establecido se saca la placa petri de la estufa y se recuentan las colonias crecidas, el número de colonias aparecidas es expresado en Unidades Formadoras de colonia UFC, por cada 100 ml de agua (Camacho et al., 2009).

### **2.1.19.2. 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, se basa en la hipótesis de una dispersión de Poisson o dispersión aleatoria. 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 (BAM, 2001).

#### **2.1.20. Vigilancia sanitaria del agua potable.**

##### **2.1.20.1. Marco legal.**

Reglamento de la calidad de agua para el consumo D.S. N° 031-2010-S.A. Artículo 13° indica que, la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es una atribución de la Autoridad de Salud, que se define y rige como:

- La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
- Un sistema conducido por la Autoridad de Salud, el cual está conformado por consumidores, proveedores, instituciones de salud y de supervisión de ámbito local, regional y nacional;

- El establecimiento de prioridades y de estrategias para la prevención o eliminación de los factores de riesgo en el abastecimiento del agua, que la autoridad de salud establezca para el cumplimiento por el proveedor.

#### **2.1.20.2. Control de la calidad del agua potable.**

Está ampliamente documentado el modo en que el estado de la infraestructura afecta la calidad del agua para consumo humano. Los defectos o deficiencias de la infraestructura pueden ser consecuencia del mal diseño, mala construcción o problemas en la supervisión de la construcción, mal mantenimiento o consecuencias de efectos naturales o humanos, caso de terremotos, o desórdenes civiles que conducen a que las estructuras del sistema de abastecimiento de agua no sean capaces de proteger y mantener la calidad del agua de consumo humano (Rojas, 2002).

Para proteger la salud pública debe realizarse vigilancia del abastecimiento de agua de consumo. Los organismos nacionales proporcionan un marco de objetivos de normas y leyes para permitir y exigir a los proveedores el cumplimiento de los estándares o límites bacteriológicos permisibles para el agua (DIGESA, 2010).

### **2.1.21. Vigilancia de la calidad de los servicios rurales de abastecimiento de agua.**

Rojas (2002) en su Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano (OPS/CEPIS). Indica que la calidad del agua para consumo humano tiene una fuerte incidencia en la salud de las personas, como consecuencia de que el agua sirve como vehículo de transmisión de muchos microorganismos de origen, gastrointestinal y patógenos al hombre. Estos microorganismos difieren ampliamente en tamaño, estructura y constitución, lo que explica que su supervivencia en el ambiente, y su resistencia a los procesos de tratamiento difieran significativamente. Asimismo menciona que otro factor de gran importancia está dado por la conservación de la calidad del agua en el sistema de distribución, que se encuentra ligada con: a) estado de conservación de la infraestructura física de la red de distribución; b) administración del sistema; y c) manejo intradomiciliario del agua. De manera complementaria, también cabe mencionar la cantidad, la continuidad, la cobertura y el costo, que en conjunto permite calificar la calidad e identificar la calidad del servicio del sistema de abastecimiento de agua. Está ampliamente documentado el modo en que el estado de la infraestructura afecta la calidad del agua para consumo humano. Los defectos o deficiencias de la infraestructura pueden ser consecuencia del mal diseño, mala construcción o problemas en la

supervisión de la construcción, mal mantenimiento o consecuencias de efectos naturales o humanos.

### **2.1.22. Información a obtener para determinar la calidad de los servicios rurales de abastecimiento de agua.**

Rojas (2002) indica que el levantamiento de la información se obtendrá mediante la aplicación de instrumentos de evaluación, que refieren a:

#### **2.1.22.1. Calidad del agua.**

El agua distribuida a través de los sistemas de abastecimiento debe ser inocua. Para ello, la calidad del agua debe cumplir con las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas establecidas por la autoridad de salud, de tal manera que el consumo no dañe la salud de los usuarios.

#### **2.1.22.2. Calidad del servicio.**

Los sistemas de abastecimiento de agua deben cumplir con los requisitos mínimos para los cuales fueron concebidos y construidos. Estos se pueden sintetizar en un solo requisito: atender las necesidades básicas de agua de la comunidad.

#### **2.1.22.3. Estado de conservación de los componentes del servicio de abastecimiento.**

La conservación de la calidad del agua de consumo humano depende de la ausencia de defectos físicos en

cada uno de los componentes que conforman el sistema de abastecimiento, así como de la disponibilidad de los elementos de seguridad dirigidos a permitir que el agua conserve sus características físicas, químicas y bacteriológicas.

#### **2.1.22.4. Hábitos de higiene**

Los hábitos de higiene tienen relación directa con las enfermedades transmisibles. En poblaciones con pobres hábitos sanitarios, los programas de educación sanitaria contribuyen al mejoramiento de la salud, y su impacto es mucho mayor que el brindado por la calidad y cantidad del agua suministrada.

#### **2.1.22.5. Gestión de los servicios de abastecimiento.**

Estudios recientes han demostrado que la gestión o administración de los servicios rurales de abastecimiento de agua tienen una fuerte incidencia en la conservación de la calidad del agua de consumo humano. Una administración débil, al no hacer efectiva la cobranza por el servicio prestado a la comunidad, es incapaz de mantener a una persona en forma eventual o permanente para la adecuada operación y mantenimiento del servicio, así como para la adquisición de los repuestos o insumos necesarios para el buen funcionamiento del sistema o para la desinfección del agua.

#### **2.1.22.6. Enfermedades diarreicas e infecciones de la piel.**

Las intervenciones en saneamiento básico están dirigidas al mejoramiento del nivel de salud de las poblaciones beneficiadas; en especial, al control en mayor o menor grado de la incidencia de las enfermedades transmisibles de origen hídrico. Por ello, la vigilancia de la calidad del agua en el ámbito rural debe considerar la evaluación periódica de los casos de diarreas e infecciones de la piel para identificar las causas que los originan. En el caso específico del medio rural, esto puede estar vinculado con la calidad del agua y con los hábitos de higiene de los usuarios.

#### **2.1.23. Programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Puno.**

La Dirección General de Saneamiento Ambiental (DIGESA) con Sede en, tiene a su cargo el programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano (PVICA), que tiene la función de vigilar, controlar y corregir los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, para lo cual utiliza el documento PVICA-3 FORMULARIO para evaluar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua expuesto en el Anexo. Formulario que se utilizó en el presente trabajo de investigación para determinar las condiciones sanitarias de la infraestructura de abastecimiento de agua, materia de la presente investigación (DIGESA, 2015). Asimismo debemos indicar que el formulario arriba indicado fue

estructurado de acuerdo a la Directiva Sanitaria Nro. 58 MINSA/DIGESA-V.01.

La información obtenida durante las labores de inspección sanitaria permitirá identificar las acciones requeridas para subsanar los defectos detectados, sean estos constructivos, de operación, mantenimiento o de cualquier otra forma que signifique alguna desviación respecto a lo aceptado como práctica normal, con el propósito de minimizar el riesgo de contaminación del agua destinada al consumo humano (Rojas, 2002).

#### **2.1.24. Opciones técnicas para sistema de abastecimiento de agua en ámbito rural y pequeñas ciudades.**

La Organización Panamericana de la Salud OPS (2006), a través de los criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rural y de pequeñas ciudades indica que la necesidad de aplicar la tecnología más adecuada en una determinada localidad, implica el análisis de factores técnicos, sociales, económicos y ambientales. En localidades rurales la ampliación de la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en los países, la opción tecnológica y el nivel de servicio estén basados en las condiciones físicas, económicas, sociales y culturales de la comunidad a ser atendida:

- Sistemas de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento: Son sistemas cuyas fuentes son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras, afloran a la superficie

del terreno bajo la forma de manantiales y las segundas son captadas por medio de galerías filtrantes. En estos sistemas de abastecimiento, por ser el agua filtrada en los estratos porosos del subsuelo, la desinfección puede ser muy exigente. El tiempo durante el cual el sistema de agua y saneamiento será eficiente, respecto a los diferentes componentes del sistema, se determinarán considerando factores como; vida útil de las estructuras y equipos, grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura, crecimiento poblacional, economía de escala. Los períodos de eficiencia de obras de captación, pozos, plantas de tratamiento, reservorio, tuberías de conducción, impulsión distribución, caseta de bombeo, se considerará 20 años de vida útil (OPS, 2006).

## 2.2. ANTECEDENTES

Mamani (1994), en su trabajo de investigación sobre “Determinación de la contaminación bacteriológica del agua para consumo humano proveniente de pozos artesianos de los barrios urbano marginales de la ciudad de Juliaca” indican que al evaluar aguas de pozos superficiales se ha encontrado 1679.12 bacterias coliformes totales, los cuales según CANADIAN DRINKING WATER AND OBJECTIVES, Estándares de coliformes para agua cruda, lo catalogan como agua que está dentro del límite máximo permisible, con respecto a los Coliformes fecales en aguas superficiales, presentó 1033.48 coliformes fecales/100 mL, superando el límite máximo permisible, por consiguiente se debe aplicar un tratamiento completo para el uso como agua de bebida.

Quispe (1996), en su trabajo de investigación sobre “contaminación de agua de consumo humano en los centros educativos de la ciudad de Puno”, del total de 82 muestras de agua obtenidos de igual número de centros educativos, 21 muestras (25.6%) están contaminados por bacterias coliformes totales. Donde el agua proveniente de pozos el promedio de contaminación es de 51.50 bacterias coliformes totales/100mL. El agua de manantial presentó 39 coliformes/100mL, el agua de los recipientes con 8.57 coliformes/100 mL y el agua de la red pública presentó 4.32 coliformes/100 mL de agua. Las condiciones sanitarias de los servicios de abastecimiento de agua son: a) Red pública 54% en buenas condiciones, 89.2% en regular estado y el 5.4% en malas condiciones. b) El 100% de los pozos protegidos se encuentran en

regulares condiciones y c) Otras fuentes 20% en buenas condiciones y el 80% en regular estado.

CEPIS (1999), realizó un Estudio de la calidad del Agua en sistemas de Abastecimiento rural en los departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cusco, orientado a identificar los factores que afectan la calidad del agua en comunidades rurales, se evaluaron 80 sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento. El estudio determinó, entre otros resultados, que sólo el 37.5 % de los sistemas evaluados realiza la cloración del agua y a pesar de ello se encontraron coliformes termotolerantes en muestras tomadas en sus componentes, habiéndose verificado un gran deterioro en la calidad del agua, ya que la presencia de coliformes de un 12 % en las redes de distribución se eleva a un 67% en el nivel intradomiciliario. Asimismo se encontró que el 63 % de los sistemas presentó un alto riesgo sanitario en cuanto a la infraestructura y al manejo intradomiciliario del agua.

Guevara (2000), en su trabajo “Evaluación Bacteriológica de la Calidad del Agua de Pozos para Consumo Humano de la localidad de Pilcuyo”, determinó que la población promedio de bacterias indicadoras de contaminación, durante el periodo lluvioso registró valores promedio de 108.48 y 10.75/100 mL de coliformes totales y termotolerantes.

Chullunquia (2005), al estudiar el “Contenido Bacteriológico en Aguas Provenientes de cuatro Manantiales para consumo humano del Barrio Santiago de Chejoña, Puno”, determinó que el recuento de coliformes totales para el manantial 2 obtuvo el valor más alto con 240 coliformes

totales/100 mL, seguido por el manantial 4 con 93 coliformes totales/100 mL y el manantial 3 con 43 coliformes totales /100 mL. Y el manantial 1 obtuvo el valor más bajo con 23 coliformes totales/100 mL. En los recuentos obtenidos para coliformes fecales el manantial 3 obtuvo el valor más alto con 43 coliformes fecales/100 mL, seguido por el manantial 1 y el manantial 2 con 23 coliformes fecales/100 mL, cada uno, el valor más bajo registro el manantial 4 con 1 coliformes fecales/100 mL de muestra. Entre los factores condicionantes en la contaminación de aguas provenientes de manantiales con mayor importancia se atribuye a la disposición de residuos sólidos (basura), presencia de animales y heces de origen animal y humano, materia vegetal en descomposición, materia orgánica en el entorno de la fuente de suministro.

Oruna (2010), determinó la calidad microbiológica y físico química del agua potable de la ciudad de Puno, donde los resultados para la fuente de Totorani fueron: coliformes totales 18.00 NMP/100 mL, coliformes fecales 0.00 NMP/100 mL, y para los barrios abastecidos por la fuente de Totorani fueron: coliformes totales de 0 – 240 NMP/100 mL, coliformes fecales 0 – 7 NMP/100 mL, concluyendo que el agua potable no es apto para el consumo humano según la norma técnica peruana.

Vilca (2011), en su trabajo “Calidad físico química y Bacteriológica del Agua de Consumo Humano del distrito de Vilque 2011”, determinó en el recuento de coliformes totales en promedio: en la fuente de manantial 18.33 NMP/100 mL, en el reservorio de agua 6.67 NMP/100 mL, y en la localidad (piletas domiciliarias) el agua presento 21.67 NMP/100 mL. La presencia de coliformes fecales en promedio: en la fuente de manantial

6.67 NMP/100 mL, en el reservorio de agua 6.67 NMP/100 mL, en la localidad (piletas domiciliarias) con 38.33 NMP/100 mL, se determinó que el agua de la zona no se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.

Yanapa (2012), en su trabajo “Calidad Bacteriológica del Agua Potable de la Ciudad de Ilave”, los resultados para la planta de tratamiento y reservorio fueron 0.00 NMP coliformes totales/100 mL y para las muestras de agua obtenidas de las viviendas de la ciudad de Ilave fueron: coliformes totales 30.83 NMP/100 mL; coliformes fecales 1.83 NMP/100 mL, mesófilos viables 1,439.68 UFC/mL.

Soto (2013), en su investigación “Calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de Puno – 2012” con la finalidad de Determinar la calidad bacteriológica en aguas de pozo en los mercados Unión y dignidad, Bellavista y determinar la calidad bacteriológica en agua potable en los mercados Unión y Dignidad, Bellavista, Central y Laykakota. Los resultados obtenidos fueron, en el agua de pozo del mercado Bellavista se encontró un promedio de coliformes totales 827.25 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes 111 NMP/100 mL y *Escherichia coli* 164 NMP/100 mL; para el mercado Unión y Dignidad, coliformes totales 102 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes 0.75 NMP/100 mL y *Escherichiacoli* 96 NMP/100 mL. Para el agua potable en los cuatro mercados de la Ciudad de Puno no se encontró coliformes totales y fecales.

Mendoza (2013), En su trabajo de tesis Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba-

2012, concluyó que, en general la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua en las zonas rurales de la provincia de Moyobamba, es ineficiente dado que la responsabilidad en la conducción de este servicio no es uniforme encontrándose diferentes niveles de responsabilidad como son las JASS, La Municipalidad y mediante directiva comunal. Asimismo debido al poco ingreso por aportes de los usuarios, no cuentan con operadores capacitados y la cobertura no es al 100 % de la población. En cuanto al Estado Sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua, se ha encontrado que en la mayoría de casos el sistema tiene una antigüedad considerada y no cuentan con sistemas alternos de captación. Así como las fuentes provienen de aguas subterráneas sin tratamiento. En cuanto a la captación, estos no cuentan con cercos de protección y las estructuras están en mal estado de conservación.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Poblado de Trapichey sus Comunidades que pertenece al distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno, ubicado geográficamente en el noreste de la Región Puno; 14°72'96"S y 69°40'51"O, cuenta con una superficie total de 4, 560 hectáreas – 45.6 km<sup>2</sup> y está a una altitud de 4,587 msnm, el clima es frío. Las temperaturas altas y bajas registradas por el SENAMHI durante los meses de enero a marzo del 2014 registradas en la estación de Ananea fueron 12.2°C y -3.0°C y las precipitaciones pluviales registraron 145.9 mm., posee una población de 339 habitantes entre varones y mujeres. El ámbito tiene límites por el norte: distrito de Sina y Cuyocuyo Sandia (C. Cajón Huyo, C. Lachacata), por el sur: distrito de Cojata y Quilcapuncu (C. Bajos Hilata de Cotacucho), por el este: República de Bolivia (C. San Salvador de Llachacata, C. Nuñapata), por el oeste: distritos de Putina y Quilcapuncu (C. Ananea, C. Bajos Hilata de Cotacucho). (SENAMHI, 2014) Figura 1 y Foto 8 del Anexo

#### 3.2. UNIDADES DE ESTUDIO

Las unidades en estudio ó las muestras de agua fueron determinadas considerando que no se tiene cuantificado número de pozos artesanales, acequias y piletas en el área rural (comunidades) y el centro poblado de Trapiche, respectivamente; para lo cual se utilizó la formula siguiente:

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra,

$z = 1,96$  para el 95% de confianza.

$p$  = Frecuencia esperada del factor a estudiar

$q = 1 - p$

$d$  = Precisión o error admitido

(Mateu *et al.*, 2003)

$$n = \frac{(1.96)^2(0.17)(0.83)}{(0.1)^2}$$

$$n = 54.2$$

**CUADRO 3.** Número de muestras de agua por fuentes de abastecimiento

FUENTES	CENTRO POBL. DE TRAPICHE PILETAS	POZOS	ACEQUIAS	TOTAL
Nº de muestras	10	24	20	54

### 3.3. EQUIPO Y MATERIAL DE LABORATORIO

#### A) Laboratorio

- Pipetas graduadas de 1, 2, 5, 10 mL.
- Probetas graduadas de 50, 100, 500 y 1000 mL.
- Frascos Erlenmeyer graduados de 300 y 500 mL.
- Tubos de ensayo de 13mmx100mm y 16mmx150mm

- Campana de Durham.
- Placas petry
- Laminas portaobjetos
- Aza de platino
- Gradilla de tubos
- Estuche porta placas
- Mechero de gas propano
- Guantes de asbesto

**B) Medios de cultivo**

- Caldo lactosado
- Caldo verde brillante bilis lactosado
- Agar EMB (eosina, azul de metileno)

**C) Equipos.**

- Horno eléctrico para esterilización
- Incubadora eléctrica
- Autoclave de esterilización
- Microscopio
- Balanza
- Baño maría

**D) Material fungible.**

- Papel Kraft
- Algodón

- Cinta adhesiva (masking tape)
- Plumón marcador
- Detergentes
- Escobilla de limpieza
- Desinfectante liquido
- Caja de tecnoport
- Frascos para muestrear
- Agua destilada.

### 3.4. METODOLOGÍA

#### 3.4.1 PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO.

Se preparó el material a utilizar lavando y esterilizando los frascos de vidrio para recolectar la muestra, con tapones de corcho cubiertos con papel kraft, debidamente amarrados con pabilo para ser esterilizados en autoclave a una temperatura de 121°C durante 15 minutos a 15 libras de presión, los frascos para muestrear fueron transportados en una caja de tecnoport a la zona de estudio.

#### **Para tomar muestra de piletas.**

Según el Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida (Aurazo, 2004) Se verifico que el grifo esté conectado directamente a la red de distribución y sin accesorios (coladores, anexos de mangueras, etc.) y que no se presentan fugas a través de los sellos o empaquetaduras del caño. Siguiendo los pasos siguientes:

- Con la ayuda de una tela, se limpió y retiró del grifo cualquier tipo de materia extraña adherida a la boca de salida. Se abrió el grifo,

hasta que alcance su flujo máximo y se dejó correr el agua durante dos minutos.

- Se desamarró el cordón que ajusta la cubierta protectora de papel kraft y se procedió a destapar.
- Se llenó el frasco manteniendo la tapa y la cubierta protectora hacia abajo (para evitar la entrada de polvo portador de microorganismos). Luego se llenó con agua del grifo.
- Se dejó un espacio de aire (aproximadamente un tercio del frasco) para facilitar la agitación de la muestra antes del análisis bacteriológico.
- Se colocó el tapón al frasco enroscándolo la tapa y fijarlo con el cordón la cubierta protectora de papel kraft, rotulándolo al mismo tiempo para su identificación.

#### **Para tomar la muestra de los pozos y Acequias**

Se procedió según las indicaciones dadas por Aurazo (2004), según el manual para análisis microbiológico, para calidad del agua de bebida:

- La muestra se tomó en un envase de 250 mililitros de capacidad, de vidrio autoclavable, de boca ancha y con tapa rosca.
- Se cubrió la tapa del frasco con papel kraft y fijó con un cordel.
- Se preparó el frasco de muestreo para el análisis bacteriológico, previamente esterilizados. Con un pedazo de cordón, se amarró una piedra de tamaño apropiado al frasco de muestra, antes se lavó la piedra a fin de evitar la incorporación de microorganismos al agua del pozo.

- Se amarró el frasco al cordón, con un cordón limpio, de una longitud necesaria para el muestreo según la profundidad del pozo, se ató el frasco y luego se destapó.
- Se ubicó el frasco muestreo en un punto alejado de las paredes del pozo y lentamente se dejó descender el frasco dentro del pozo. El peso de la piedra facilitó su descenso.
- Se llenó el frasco, sumergiéndolo completamente hasta una profundidad de 30 centímetros aproximadamente
- Luego se elevó el frasco, una vez que se considere que el frasco está lleno, se subió jalando de la cuerda. Teniendo en cuenta que aproximadamente un tercio del frasco quede vacío. Se colocó la tapa del frasco, finalmente se rotuló la muestra para su identificación. Estos frascos fueron trasladados en cajas de tecnoport al laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UNA-Puno.

#### **3.4.2 Técnica de Fermentación Múltiple en Tubos, Numero Más probable (NMP)**

Se preparó los medios de cultivo con anticipación de 24 horas, los cuales fueron colocados en la estufa a 35°C para probar la esterilidad de los mismos. Para cuantificar coliformes y *Escherichia coli* se utilizó la técnica de fermentación múltiple en tubos; Número Más Probable de coliformes (NMP), según el manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida (Aurazo, 2004) y Bacteriological Analysis Manual (BAM, 2001), los

resultados de la fermentación en tubos múltiples se expresan en términos de Número Más Probable (NMP) de coliformes. El método del NMP se fundamenta en un modelo de cálculo de probabilidades y consta de dos partes:

**a) Test presuntivo.**

De acuerdo a las especificaciones dadas se agitó vigorosamente la muestra de agua por lo menos 25 veces para lograr una homogenización y proceder a la inoculación en la identificación de coliformes y *Escherichia coli*:

- Se preparó una serie de 9 tubos con Caldo Lactosado (CL) conteniendo 10 mL. de los cuales 03 de doble concentración y 06 de concentración simple, cada una con tubos Durham invertidos, para cada muestra de agua, rotulándolos respectivamente.
- Un volumen de 10 mL. de la muestra de agua se inoculó en 3 tubos conteniendo 10 mL de CL estéril de doble concentración.
- Un volumen de 1 mL. de la muestra de agua se inoculó en 3 tubos conteniendo 10 mL de CL estéril de simple concentración.
- Un volumen de 0.1 mL. de la muestra de agua se inoculó en 3 tubos conteniendo 10 mL de CL estéril de simple concentración.
- Los tubos se homogenizaron cuidadosamente, se colocaron en gradillas y se incubaron en estufa a 35° C por un tiempo de 24 a 48 horas, pasada las 48 horas se realizó la lectura de los tubos.

### **Interpretación.**

En esta prueba presuntiva, la actividad metabólica de las bacterias es estimulada vigorosamente y ocurre una selección de organismos lactosa positivas con producción de gas ( $\text{CO}_2$ ) capturado en el tubo Durham. Para este cálculo, se seleccionan los tubos con resultados positivos en las pruebas confirmativas de coliformes totales y *Escherichia coli*, obtenidos en las tres series consecutivas inoculadas. Con los tubos positivos de cada serie se forma una combinación de números (también denominada código), que corresponde a un valor de Número Más Probable de coliformes.

En los tubos con presencia de gas y fermentación de la lactosa se consideraron positivos presuntivamente para coliformes, los tubos positivos se seleccionaron para la siguiente prueba.

#### **b) Test confirmatorio.**

Se transfirió un inóculo (asada) de cada tubo positivo de la prueba presuntiva a tubos conteniendo 10 mL. de Caldo Verde Brillante Bilis Lactosa (CLVBB) cada una con tubos Durham invertidos:

- Los tubos de CLVBB se rotularon correspondientes a cada tubo positivo de CL de la prueba presuntiva.
- La muestra se inoculo en los tubos de caldo (CLVBB) y se agitó cada tubo para obtener una mezcla uniforme.
- Se incubó los tubos con CLVBB durante 24 a 48 horas a  $35^\circ\text{C}$ .

- Se procedió a la lectura a las 24 horas considerando tubos que presentan a la vez, formación de gas y turbidez.
- Se reincubó los tubos sin crecimiento 24 horas adicionales.
- Se procedió a la segunda lectura luego de las 24 horas adicionales.

Finalmente se anotó los resultados y calculó el NMP de coliformes a partir de los datos obtenidos en la Prueba Confirmativa, según el cuadro del NMP de coliformes expuesto en el cuadro 8 del Anexo.

### 3.4.3. Número más probable (NMP) para *Escherichia coli*.

El procedimiento fue siguiendo las recomendaciones dadas por Aurazo (2004), de la siguiente manera:

- A partir de los cultivos positivos de coliformes en CL los cuales fueron transferidos con el asa de siembra a placas de Eosin Metilen Blue (EMB).
- Se incubó las placas a 37°C, durante 24 horas.
- Las colonias Verdosas con brillo metálico y centro negro azulado corresponden a *Escherichia coli*, y las colonias mucosas, rosa púrpura, confluentes corresponden a otros coliformes como *Klebsiella* y *Enterobacter*
- Los resultados se expresaron en términos del número más probable (NMP/100 mL).

#### 3.4.4. Metodología para determinar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua.

Para evaluar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua se utilizó el Formulario PVICA-3 FORMULARIO expuesto en el Anexo, obtenido del programa de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano (PVICA) estructurado acorde a lo dispuesto por la DS Nro. 058 MINSA/DIGESA-V.01-2014.

El llenado del formulario así como la interpretación de los formularios se realizó según las instrucciones dadas por Rojas (2002)

#### 3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO.

Los datos cuantitativos como es el número de piletas, acequias y pozos positivos y/o negativos a la contaminación fueron analizados mediante la prueba estadística de Chi – cuadrada cuya fórmula es la siguiente:

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

$X^2$  : Ji cuadrado

$O_i$  : Valores observados de contaminación en fuentes de abastecimientos.

$E_i$  : Valores esperados de contaminación en fuentes de abastecimientos.

Mientras el número más probable (NMP) de *Escherichia coli*. en las muestras de agua de consumo provenientes de acequias, pozos y piletas que fueron positivos han sido analizados mediante Diseño Completamente al Azar previo reemplazo de valores (datos) extremos con promedio de grupo de datos (distribución normal con una desviación estándar), donde los tratamientos fueron tres fuentes de abastecimiento, con desigual número de repeticiones por tratamiento; cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$ = Variable de respuesta (NMP de coliformes)

$\mu$  = Media poblacional.

$T_i$ = Efecto de la  $i$ -ésima fuentes de abastecimiento (1, 2 y 3).

$E_{ij}$  = Efecto del error no controlable.

Los resultados fueron interpretados a través de estadísticos como medidas de tendencia central y medidas de dispersión, y proporciones.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Contaminación de fuentes de Abastecimiento de agua de consumo

**Tabla 1.** Proporción de contaminación del agua de consumo humano en las fuentes de abastecimientos en los pobladores de trapiche.

FUENTES	N° DE MUESTRAS EVALUADAS	N° DE MUESTRAS POSITIVAS	PORCENTAJE (%)
Pozos	24	13	54.00
Acequias	20	8	40.00
Piletas	10	7	70.00

Ji-calculada= 2.51

Ji-tabulada 0.05, 2 = 5.99

(P>0.05)

En la tabla 1, se observa proporción de contaminación de los fuentes de abastecimientos de consumo humano; donde las piletas mostraron 70 % de contaminación de un total de 10 muestras; no obstante que las acequias refleja 40 % de contaminación y los pozos el 54 % de contaminación, estas sometidas a la prueba estadística de Chi cuadrada mostraron diferencias no significativas ( $P \geq 0.05$ ); lo cual indica la proporción de contaminación del agua de consumo entre los fuentes de abastecimiento se evidencia una semejanza, pero aritméticamente se observa variación.

Estos valores encontrados en el presente estudio son superiores al reporte de Quispe (1996) quién de 82 muestras de agua de pozo del

Centro Educativo de la ciudad de Puno 21 muestras resultaron ser positivas a la contaminación con coliformes que representa 25.6 %, diferencia que podría deberse al control y prevención de pozos que aplica el personal de la institución educativa; mientras los pozos de la comunidad de trapiche no posee protección ni tapa y son aguas superficiales que contaminan permanentemente con excretas de animales por el arrastre de precipitaciones pluviales más que todo en época de lluvias.

#### 4.2. Presencia de *Escherichia coli* en fuentes de abastecimiento del agua de consumo de los pobladores rurales y del centro poblado de Trapiche Ananea – Puno.

**Tabla 2.** Promedios de *Escherichia coli* en el agua de consumo humano de los pobladores de Trapiche, según fuentes de abastecimiento.

FUENTES DE AGUA	n	Positivos	NMP <i>Escherichia coli</i> /100 mL de agua	Coefficiente de variabilidad (%)
Pozos	24	13	11.46 <sup>a</sup> ± 3.36	29.32
Acequias	20	8	7.75 <sup>b</sup> ± 2.43	31.40
Piletas	10	7	6.28 <sup>b</sup> ± 2.21	35.19

En la tabla 2, observamos el número más probable (NMP) de *Escherichia coli* en agua de consumo según fuentes de abastecimiento; donde los pozos artesanales tuvieron 11.46 ± 3.36 de NMP de *Escherichia coli* que fue superior a la de acequias y piletas con 7.75 ± 2.43 y 6.28 ± 2.21 de NMP de *Escherichia coli*, respectivamente; que estos últimos son similares pero son inferiores al valor que refleja el promedio de pozos

( $P \leq 0.05$ ). La diferencia del número más probable de *Escherichia coli* entre fuentes de abastecimiento, así como las piletas muestran valores inferiores debido a que ya se encuentran protegidas mediante tuberías evitando el contacto con los diversos factores del medio ambiente, comparados al de las acequias que sí están expuestos a los factores de riesgo como es el contacto con los animales en el momento de beber agua deja el estiércol alrededor de las acequias. Pero los pozos son los que muestran valores superiores a la de las dos fuentes de abastecimiento debido a que, a los pozos llegan varias afluentes es por eso refleja alta contaminación fecal procedente específicamente de las heces de los camélidos, ovina y equinos que consumen pastosen forma diaria en los pastizales donde se encuentran el nacimiento de acequias. Al respecto Hernández, (2000) corrobora a este resultado al indicar que la contaminación de las aguas superficiales en el sector agropecuario, se debe a la presencia de animales de abastos y de fauna silvestre del lugar. Esta semejanza posiblemente se deba a que, el agua de pozos y acequias son utilizadas como fuente de captación para alimentar el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado de Trapiche, de acuerdo a las especificaciones técnicas dadas por la OPS (2006), diseñado y construido hace más de 20 años. Según las características de la infraestructura observada al momento de evaluar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua, del centro poblado de Trapiche, asumimos de que fue construido bajo el sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento, por los criterios que se tomaron en cuenta en ese momento, como son factores sociales,

económicos y ambientales. Por consiguiente es de esperar que la población de ganado se ha incrementado así como la población humana, sumado a esta el deterioro de la infraestructura de abastecimiento hacen de que haya la presencia de coliformes y *Escherichia coli*, en forma similar estadísticamente tanto en las fuentes de captación de agua como la de los pilones del centro poblado de Trapiche.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis bacteriológicos a través del número más probable de coliformes, se determina que el agua de las 3 fuentes de abastecimiento, pozos, acequias y pilones, NO SON APTAS PARA CONSUMO humano de acuerdo a la NTS Nro 071 MINSA/DIGESA-V.01, XVI.4.- Agua y hielo para consumo humano, que estima recuentos menores de 2.2/100 mL, para coliformes termotolerantes ó *Escherichia coli* convirtiéndose el agua de estas tres fuentes de abastecimiento en potencial riesgo de contaminación de patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Leptospira*, *Pasteurella* así como diferentes especies de virus y parásitos causantes de trastornos gastrointestinales tal como indica Geldreich (1972). Corrobora a este resultado Aurazo (2004), al indicar que la presencia de coliformes como *E. coli* indica polución o contaminación fecal.

### **Presencia de coliformes y *E. coli* en pozos de la comunidad de Trapiche.**

Al análisis bacteriológico, Número Más Probable de coliformes y *E. coli*, en aguas provenientes de pozos se determinó que los valores obtenidos en promedio fueron  $11.46 \pm 3.36$  NMP coliformes/100 mL de agua. Estos

recuentos se encuentran por debajo de los recuentos obtenidos en trabajos de investigación a nivel de ciudades, como, tal como la investigación en pozos empleando indicadores de contaminación como los coliformes totales Mamani (1994) quien en los barrios marginales de la ciudad de Juliaca encontró 1679.12 NMP coliformes totales/100 mL debido probablemente a que los pozos son contaminados con los sistemas de evacuación de aguas servidas y falta de protección de estos. Quispe (1996) también determinó la presencia de 51.50 NMP de coliformes totales/100 mL de agua, en pozos de los centros educativos de la ciudad de Puno observándose en estos que existe protección. Guevara (2000) en pozos de la localidad de Pilcuyo determinó promedios de 108.48 coliformes totales/100 mL de muestra. Soto (2013) al determinar la calidad bacteriológica del agua de pozo en los mercados de la ciudad de Puno determinó que en el mercado bellavista hay 827.25 NMP de coliformes totales/100 mL siendo el más alto con respecto al encontrado en el mercado Unión y Dignidad con 102 NMP coliformes totales/ml.

Referente al indicador de contaminación *Escherichia coli*. Soto (2013) en agua de pozos de los mercados de la ciudad de Puno, determinó 164 NMP *E. coli* en el mercado Bellavista y 96 NMP *E.coli*/100 mL de agua en el mercado Unión y Dignidad, cifras elevadas con respecto a nuestro trabajo donde obtuvimos  $11.46 \pm 3.36$  NMP *E. coli* /100 mL de agua, atribuyendo esta diferencia a la ubicación de estos pozos donde también podemos aseverar que en pozos que se encuentran dentro de la zona urbana

presentan mayor contaminación con respecto a los pozos que se encuentran en zonas rurales como es el caso del presente trabajo.

*Escherichia coli* es un habitante frecuente del tracto gastrointestinal de los homeotermos, cuya temperatura oscila entre 36 y 39°C como óptimo, y que a medida que esta temperatura disminuya la multiplicación de estas bacterias se verá inhibida tal como ocurrió en la presente investigación, observándose temperaturas del medio ambiente entre -3.0°C – 12.2°C en Ananea Trapiche temperaturas consideradas inferiores a las registradas en zona lago y circunlacustre como Puno, Juliaca, Pilcuyo que registraron temperaturas entre 4 y 18.4°C durante los meses que se ejecutó la presente investigación según SENAMHI, 2014.

### **Presencia de coliformes y *E. coli* en acequias de las comunidades de Trapiche**

En la presente investigación se determinó la presencia de coliformes y *E. coli* en acequias, un promedio de  $7.75 \pm 2.43$  UFC/100 mL, el valor encontrado en el presente trabajo se encuentra por debajo de lo reportado por Quispe (1996) quién en los centros educativos de la ciudad de Puno determina 39 coliformes/100 mL en agua de manantial. De la misma manera Chullunquia (2005), encontró de 23 a 240 NMP coliformes totales/100 mL en agua de manantiales del Barrio Santiago de Chejoña de Puno, atribuyendo este hecho a factores como la mala disposición de residuos sólidos (basura), presencia de animales materia orgánica en descomposición. En forma muy similar Vilca (2011) en el distrito de Vilque

obtuvo recuentos de coliformes totales en promedio de 18.33 NMP/100 mL. Nosotros podemos aseverar que los recuentos de  $7.75^b \pm 2.43$  NMP de coliformes en nuestra investigación se deben a que en la comunidad de Trapiche las temperaturas oscilaron entre  $-3.0$  y  $12.2^\circ\text{C}$  consideradas bajas con relación a Puno y Vilque, así como contaminación con aguas servidas propias de las grandes urbes.

### **Presencia de bacterias coliformes y *E. coli* en piletas del centro poblado de Trapiche Ananea – Puno**

Las piletas del centro poblado de Trapiche es abastecida con agua de pozos y acequias de las comunidades cajón huyo, lachacata, san salvador de llachacata y nuñapata determinándose que existe la presencia de coliformes y *Escherichia coli* en  $6.28 \pm 2.21$  NMP/100mL de agua (tabla 2), estos recuentos permiten considerar al agua del centro poblado como NO APTO para consumo humano, de acuerdo a la Norma Técnica Sanitaria Nro. 071 MINS/DIGESA-V.01, XVI.4.- Agua y hielo para consumo humano, que establece recuentos menores a 2.2/100 mL de agua como apto para el consumo humano.

La presencia de coliformes y *Escherichia coli*. en la Red pública del centro poblado de Trapiche, se debe a que el agua captada en el reservorio no es potabilizada, tratada o desinfectada con procedimientos establecidos, antes de su distribución a los usuarios, convirtiéndose en un foco de diseminación de probables patógenos que con frecuencia son vehiculizados por el agua. Tal como se mencionó al describir el tabla Nro. 2, el sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado de Trapiche

fue diseñado hace 20 años atrás, bajo el sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento, considerando que el número de familias beneficiadas era menor a la actual y las condiciones socio económicas del poblador no permitían implementar un sistema de abastecimiento en el que se considere edificar sistemas de tratamiento de agua, que se traduciría en generar costos operativos y de mantenimiento, que los usuario no podrían afrontar.

Investigaciones realizadas por Oruna (2010) donde determina la calidad microbiológica del agua potable de la ciudad de Puno específicamente para los barrios abastecidos por la fuente de Totorani concluye que no es apta para consumo humano por presentar recuentos de coliformes fecales de 0 – 7 NMP/100 mL de agua. Por otro lado Vilca determina que las piletas domiciliarias del distrito de Vilque presentaron recuentos de 21.67 NMP de coliformes fecales/100 mL, considerándose no apto para consumo humano.

Por el contrario Yanapa (2012) considera apto para el consumo humano el agua potable distribuida en la ciudad de llave al obtener recuentos de coliformes fecales de 1.83 NMP/100 mL de agua al igual que Soto (2013) determina que el agua potable en los cuatro mercados de la ciudad de Puno es apta para el consumo humano al no obtener recuentos para coliformes termotolerantes y *E. coli*.

#### **4.3. Estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua de consumo humano en el centro poblado de Trapiche.**

Como resultado de la inspección efectuada al sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del Centro Poblado de

Trapiche y su Comunidad, realizado de acuerdo al Formulario PVICA-3, expuesta en el Anexo página 64, obtenida de la Dirección General de Saneamiento Ambiental (DIGESA) con Sede en Puno, a través del Programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, se observa claramente, el deterioro de la infraestructura, lo que está poniendo en grave riesgo a la salud poblacional; ya que está ampliamente documentado el modo en que el estado de la infraestructura afecta la calidad del agua para consumo humano. Los defectos o deficiencias de la infraestructura se deben al Sistemas de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento, implementado hace más de 20 años observándose además, mala construcción y deficiencias en la supervisión, mal mantenimiento o consecuencias de efectos naturales o humanos, tal como menciona (Rojas, 2002).

El sistema de abastecimiento de agua fue ejecutado por el Gobierno Regional Puno en el gobierno de Fujimori en 1995 a través del Proyecto SABA, Obra Instalación de sistema de agua y saneamiento y sistema de gestión ambiental. Cuya entidad ejecutora fue la Municipalidad provincial de Ananea, para beneficiar a 339 habitantes del Centro Poblado de Trapiche.

En cuanto al sistema de agua tiene un funcionamiento continuo, el tipo de sistema de abastecimiento es por gravedad sin tratamiento. Los principales defectos observados y detectados se mencionan a continuación:

### **Captación y buzón de reunión**

- No existe cerco de protección y las personas o animales acceden a la instalación o a sus alrededores.
- La cuneta de coronación, no se encuentra en buen estado
- Cuenta con tapa sanitaria pero no tiene seguro
- La estructura no se encuentra en buen estado (presenta rajaduras o fugas de agua)
- El interior de la estructura está sucio.
- Existen charcos de agua o materia fecal en los alrededores de las captaciones.
- Existe presencia de residuos sólidos (basura) en los alrededores.
- No está pintado en el exterior

### **Galería filtrante y buzones de reunión**

- No existe cerco de protección y las personas o animales acceden a la instalación o a sus alrededores.
- Cuenta con tapa sanitaria pero no tiene seguro.
- La estructura no se encuentra en buen estado (presenta rajaduras o fugas de agua).
- El interior de la galería está sucio.
- Existen charcos de agua o materia fecal en los alrededores de la galería.

**Pozo profundo**

- No existe caseta y no es segura contra el ingreso de personas o animales por tanto no está protegido contra lluvias e inundaciones.
- Existen charcos de agua y materia fecal en los alrededores del pozo.

**Captación de agua superficial sin tratamiento**

- No existe cerco de protección y las personas o animales acceden a la captación o sus alrededores
- La captación no se encuentra en buen estado (presenta rajaduras o fugas de agua)
- El interior de la captación está sucia.
- Existen charcos de agua o materia fecal en los alrededores de la captación.

**Línea de conducción/impulsión**

- La línea tiene fugas o roturas.
- La línea tiene tramos expuestos.

**Ventilaciones y cajas rompe presión en línea de conducción**

- La tapa sanitaria no tiene seguro.
- La estructura no se encuentra en buen estado (presenta rajaduras o fugas de agua).
- Existen charcos de agua o materia fecal en los alrededores de las estructuras.

**Reservorio**

- No existe cerco de protección y las personas o animales acceden libremente al reservorio.
- La tapa sanitaria no cuenta con seguridad.
- El reservorio no se encuentra en buen estado (presenta rajaduras y fugas de agua),
- El interior del reservorio está sucio.
- Existen charcos de agua y materia fecal en los alrededores de la estructura.
- No existe válvulas ni casetas para estos.
- No cuenta con puntos de muestreo.

**Red de distribución.**

- Existe presencia de fugas de agua.
- La línea tiene tramos expuestos.

**Cajas rompe presión.**

- La estructura no se encuentra en buen estado (presenta rajaduras y fugas de agua) y las tapas sanitarias no cuentan con seguridad
- Existen charcos de agua o materia fecal en los alrededores de la estructura.
- No cuenta con válvulas de control operativas.

**Pileta pública**

- La estructura de la pileta no se encuentra en buen estado (presenta rajaduras o fugas de agua).

- Las piletas están muy sucias.
- Los accesorios o el grifo de la pileta no están completos o no se encuentran en buen estado.
- Existen charcos de agua o materia fecal en los alrededores de las piletas.

### **Cloración**

- No existe equipo de cloración
- No existe personal capacitado sobre limpieza y desinfección de agua, por tanto no se realiza la desinfección por cloración.

### **Conexiones domiciliarias**

- Los grifos de las viviendas se encuentran en mal estado
- El agua se encuentra empozada en las cajas de conexión

### **Tipo de almacenamiento de agua en las viviendas.**

- En tachos y bidones
- La desinfección intradomiciliaria lo realizan por hervido.

### **Enfermedades relacionadas a la calidad de agua en el lugar**

- Enfermedades diarreicas agudas un promedio de 9 casos mensuales en niños menores de 5 años.
- Las enfermedades infecciosas intestinales se encuentra dentro de las 5 primeras causas de morbilidad.

Por consiguiente asumimos de que, el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua en piletas pozos y acequias, en el Centro poblado de Trapiche es deficiente, y se convierte en otro de los factores determinantes para que el agua sea considerada NO APTA para el consumo humano, tal como se concluye en la presente investigación al determinar presencia de coliformes y *Escherichia coli*, que superan los límites máximos permisibles, por consiguiente el agua en el Centro Poblado de Trapiche es uno de los factores de riesgo para la presentación de enfermedades gastrointestinales.

Al respecto podemos señalar, que el Centro poblado de Trapiche, considerado como zona rural, su sistema de abastecimiento de agua es ineficiente al igual que las comunidades rurales de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cusco, donde se realizó estudio; Calidad del agua en sistemas de abastecimiento rural, ejecutado por (CEPIS, 1999), orientado a identificar los factores que afectan la calidad del agua, el estudio determinó, entre otros resultados, que sólo el 37.5 % de los sistemas evaluados realiza la cloración del agua y a pesar de ello se encontraron coliformes termotolerantes en muestras tomadas en sus componentes, habiéndose verificado un gran deterioro en la calidad del agua, ya que la presencia de coliformes de un 12 % en las redes de distribución se eleva a un 67 % en el nivel intradomiciliario.

Asimismo se encontró que el 63 % de los sistemas presentó un alto riesgo sanitario en cuanto a la infraestructura y al manejo intradomiciliario del agua.

Asimismo podemos aseverar que la mala calidad del agua en el Centro poblado de Trapiche es producto de la ineficiente gestión del sistema de abastecimiento de agua por parte de la Municipalidad, Centro de salud y ausencia de organizaciones para administrar y gestionar el servicio de agua potable en la zona, tal como menciona Mendoza (2013).

En su trabajo de tesis Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba-2012, donde atribuye la ineficiencia del sistema de abastecimiento de agua a la organización, dado que la responsabilidad en la conducción de este servicio no es uniforme encontrándose diferentes niveles de responsabilidad como son las JASS, La Municipalidad y mediante directiva comunal. Asimismo debido al poco ingreso por aportes de los usuarios, no cuentan con operadores capacitados y la cobertura no es al 100 % de la población. En cuanto al Estado Sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua, se ha encontrado que en la mayoría de casos el sistema tiene una antigüedad considerada y no cuentan con sistemas alternos de captación. Así como las fuentes provienen de aguas subterráneas sin tratamiento. En cuanto a la captación, estos no cuentan con cercos de protección y las estructuras están en mal estado de conservación.

Por el contrario en las ciudades capitales como Puno, se puede apreciar que el agua suministrada a la población es inocua y de calidad, tal como menciona Soto (2013) en su tesis Calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de puno – 2012, donde obtuvo como resultado ausencia de coliformes totales y

fecales en los cuatro mercados de la ciudad de Puno. Pero no ocurre así en las fuentes de abastecimiento de agua de pozo en los mercados de Bellavista y Unión y Dignidad donde el agua de pozo del mercado Bellavista presentó un promedio de coliformes totales 827.25 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes 111 NMP/100 mL y *Escherichia coli* 164 NMP/100 mL; para el mercado Unión y Dignidad, coliformes totales 102 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes 0.75 NMP/100 mL y *Escherichia coli* 96 NMP/100 mL. No considerándose APTOS para consumo humano en forma directa, dada a la falta de protección e infraestructura deteriorada y sin protección de los pozos.



## V.CONCLUSIONES

La mayor proporción de contaminación se encontró en piletas con 70 % de contaminación; comparado a la de pozos el 54 % de contaminación y acequias refleja 40 % de contaminación. Y el NMP de coliformes y *Escherichia coli* fue superior en pozos  $11.46 \pm 3.36$  comparado al de las acequias y piletas es menor a 7.75NMP de *Escherichia coli*, respectivamente ( $P \leq 0.05$ ); determinándose que las aguas de pozos, acequias y pileta que son fuentes de abastecimiento de agua de consumo de los pobladores de Trapiche NO SON APTAS PARA CONSUMO, según a la NTS Nro 071 MINSA/DIGESA-V.01, XVI.4.- Agua y hielo para consumo humano, que estima recuentos menores de 2.2/100 mL.

El estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua, el sistema de captación y buzón de reunión y reservorios, no cuentan con cercos de protección, las tapas que no tienen seguro y no tiene mantenimiento, su infraestructura presenta rajaduras y fugas de agua, existen charcos de agua y materia fecal en los alrededores de los pozos de captación. En cuanto a las líneas de conducción tiene fugas y roturas y tiene tramos expuestos. La estructura de las piletas presenta rajadura y fugas de agua y sus accesorios no están completos. En cuanto a la cloración no existe equipo ni personal capacitado, por consiguiente la infraestructura influye en el abastecimiento en la calidad e inocuidad del agua de consumo.

## VI. RECOMENDACIONES

Los resultados de la presente investigación, sirvan para que se creen los mecanismos de monitoreo y control de los sistemas de agua potable por parte de las instituciones del estado, para garantizar la distribución de agua a la población sin que esta sea un riesgo de salud para la población.

Implemente mejoras en el sistema de abastecimiento de agua, a fin de mejorar las condiciones del suministro de agua potable y plantear un Plan de vigilancia de la calidad de los servicios rurales de Abastecimiento de Agua, a fin de garantizar la inocuidad y calidad del agua.

Realizar cloración de agua de consumo según OMS. 0,2 y 0,5 mg/litro, en caso de presentar turbiedad utilizar 5 mg de cloro activo/litro.

**VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Álvarez, A. 1991. "Salud pública y medicina preventiva" editorial manual moderno S.A. de Av. México D.F.
- American Public Health Association, American Water Works Association. 2002. Calidad y tratamiento del agua. España: McGraw-Hill.
- Aurazo M. 2004. Manual para análisis básicos de calidad del agua. OPS/OMS/CEPIS/PUB/04.103 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) Lima Perú.
- Arcos, P., S. Ávila E. Sandra & G. Torres. 2005. Indicadores Microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Facultad de ciencias de la Salud. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca - Colombia.
- BAM (Bacteriological Analytical Manual). (2001). U.S. Food & Drug Administration Center for Food Safety & Applied Nutrition. Online. <http://www.911emg.com-/Ref%20Library%20ERG/FDA%20Bacteriological%20Analysis.pdf>
- Camacho, A.M. Giles, M. Ortegón, B. Palao y O. Velásquez. 2009. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. Segunda Edición. México: UNAM.
- Carranza, R. 2001. Medio ambiente problemas y soluciones. Perú: Editorial Universidad Nacional del Callao.
- CEPIS. 1999. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Estudio de la calidad del Agua en sistemas de Abastecimiento rural en los departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cusco. PS/CEPIS/ 99.16(COS) Lima Perú.
- Clair, N. L. Perry McCarty, y F. Gene (2000). Química para ingeniería ambiental. : Cuarta Edición.

- Coulson, J.M., J. F. Richardson, J. R. Backhurst, y J. H. Harker. 2003. Ingeniería Química: Operaciones básicas. Tercera Edición. España: Editorial Reverté.
- Crites R. & G. Tchobanoglous. 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Colombia – Bogotá. Editorial Mc Graw – Hill Interamericana.
- Chullunquia, B. C. (2005). Contenido Bacteriológico en Aguas Provenientes de cuatro Manantiales para consumo humano del Barrio Santiago de Chejoña, Puno. Tesis para optar el Título de Lic. En Biología. UNA-Puno.
- DIGESA. (2008). DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales.
- DIGESA. (2010). DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. Procedimiento de análisis de Coliformes totales, fecales y E. coli. Dirección de protección del ambiente. Área de laboratorio de protección ambiental: Ministerio de Salud. Puno – Perú. 20 p.
- DIGESA, (2015). Información verbal y obtención de formulario PVICA-3.
- D.S. Nro. 58 MINS/DIGESA-V.01 (2014) Directiva Sanitaria para la Aprobación y Aplicación del Plan de control de calidad, (PCC) por los proveedores de aguade consumo humano según RM 908-2014-MINSA
- D.S. N° 031-2010-S.A. Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano.
- García R., M. Carmen y D. Veguillas (2003). Calidad de agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza. Madrid España
- Geldreich, E. (1972). Buffalo lake recreational water quality: a study in bacteriological data interpretation. Water Research. 6: 913-924

- Guevara, M. (2000). Evaluación bacteriológica de la calidad de aguas de pozos para consumo humano de la localidad de Pilcuyo. Tesis para optar el Título profesional de Licenciado en Biología UNA - Puno
- Hernández, M.(2000). El cuidado medioambiental. Impreso en México. UAEM 138
- Jawets , E.; J.Melnick, y E. Adelberg, (1988); “Microbiología Medica”12º Edición Editorial el Manual Moderno S.A. México D.F.
- Jiménez, B.(2002). La contaminación Ambiental en México. Editorial Limusa925 p
- Legislación española en el R. D. 927/1988 de 29 de julio
- Mamani, S.H. (1994);”Determinación de la contaminación bacteriológica del agua para consumo humano proveniente de pozos artesianos de los barrios urbano marginales de la ciudad de Juliaca” Tesis M.V.Z. UNA – PUNO.
- Mendoza, H. (2013) Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en zonas rurales de la provincia de Moyobamba-2012. Tesis para obtener el – grado de Ingeniero Ambiental. UNSM Tarapoto-Perú
- MINSA Ministerio de Salud (2011). Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA/. Dirección General de Salud Ambiental – Lima. 2011.44 p.
- MINSA Ministerio de Salud (2012). BoletínEpidemiológico (Perú). Dirección General de Epidemiología, Red Nacional de Epidemiología 21;50
- Nicolet, J. (2003). Compendio de bacteriología médica. Segunda edición. España: Editorial Acribia S.A.
- NTS (Norma Técnica Sanitaria) Nro. 071 MINSA/DIGESA-V.01, XVI.4, Agua y hielo para consumo humano. Criterios microbiológicos de calidad sanitaria

- e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Resolución Ministerial Nro. 591-2008/MINSA
- O.M.S. Organización Mundial de la Salud. (1995). Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Vol 1.
- O.M.S. Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición.
- O.P.S Organización Panamericana de la Salud (2006) Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos; Rural y de pequeñas ciudades. Oficina Regional de la OMS. Lima 2006.
- Ordoñez, J. (2011). Aguas subterráneas – Acuíferos. Cartilla Técnica. Editado por Sociedad Geográfica de Lima – Perú.
- Oruna, N. (2010). Calidad microbiológica y los principales parámetros físico – químicos del agua potable de la Ciudad de Puno. (Tesis). Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Pelczar, Reid, Chan (1990); “Microbiología”, 4ta. Edición (2da. En España), Editorial Mc Graw – Hill, México, Bogotá, Buenos Aires.
- Prieto, J. 2004. El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Eco Ediciones, Bogotá, D.C. 275
- Quispe, Q.E. (1996); “contaminación bacteriológica del agua de consumo humano en los centros educativos de la ciudad de Puno” Tesis F.M.V.Z. UNA – PUNO.
- Reglamento de la calidad de agua para el consumo D.S. N° 031-2010-S.A
- Romero, R. (2009). Calidad de aguas. Tercera Edición. Edit. Escuela colombiana de Ingeniería. 484p Disponible en <http://www.analizacalidad.com/arm2004-4.pdf>

- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS). Lima Perú
- SENAMHI2014. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) .2014. Boletín Regional Mensual. Enero febrero y marzo del 2014 Gob. Regional Puno.
- Soto, Y.(2013). Calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de puno – 2012. Tesis para optar el Título de Lic. En Biología. Universidad Nacional del Altiplano Puno
- Spellman, J. (2004). Manual de agua potable. Edición XII. Editorial Acribia.
- Tortora G.;Funke B; Case Ch (2007). Introducción a la Microbiología. 9na. Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid España
- Vilca, K. (2011). Calidad físico – química y bacteriológico del agua de consumo humano del distrito Vilque – 2011. (Tesis). Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Yanapa, J. (2012). Calidad organoléptica, físico – química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de llave. Tesis para optar el Título de Lic. En Biología. Universidad Nacional del altiplano - Puno
- [http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/Caracteristicas\\_fisicas\\_y\\_organolepticas.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Caracteristicas_fisicas_y_organolepticas.asp) enero 2015
- [http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/lluvia\\_acida.htm](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/lluvia_acida.htm)
- <http://www.boletinagrario.com/ap-6,acequia,918.html>
- <https://www.google.com/maps/place/Ananea,+Per%C3%BA/@-14.7322437,-69.4108739,5746m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x9166fa5c623568f5:0x7a62d895bb5865ad?hl=es-419>
- <http://www.ign.gob.pe/index.php?PG=Nomenclatorp&OPC=21&paginasok=2>



VIII. ANEXOS

**CUADRO4.**Prueba de ji-cuadrada para coliformes en agua de consumos de los pobladores de la comunidad de trapiche según fuentes de abastecimiento

FUENTES DETALLE	Red pública		Pozos artesanales		Acequia		Total N
	Oi	Ei	Oi	Ei	Oi	Ei	
Positivas	7	5.2	13	12.4	8	10.4	28
Negativas	3	4.8	11	11.6	12	9.6	26
Totales	10		24		20		54

Ji-calculada=2.51 Ji-tabulada 0.05,2=5.99(P≥0.05)

**CUADRO 5.**Análisis de varianza para coliformes y *E. coli*, en fuentes de abastecimiento del agua de los pobladores de Trapiche – Ananea..

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADO	CUADRA DO MEDIO	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Entre fuentes	2	142.517	71.259	8.64	3.38	5.57	**
Error exp.	25	206.159	8.246				
Total	27	348.678					

CV=31.50 %

Promedio General=9.107

(P≤0.01)

**CUADRO 6.-** Resultados del NMP de coliformes y *E. coli* en pilones del centro poblado de Trapiche (NMP/100mL)

NUMERO	MUESTRA	CODIGO	COLIFORMES TOT. /100mL	<i>Escherichia coli</i>
1	M	0-0-0	0	0
2	R4	2-0-1	14	14
3	R5	1-0-0	4	4
4	R6	0-0-0	0	0
5	R7	1-0-0	4	4
6	H1	2-1-0	15	15
7	H2	2-0-0	9	9
8	H3	1-1-0	7	7
9	H4	1-0-0	4	4
10	Q7	0-0-0	0	0

**CUADRO 7:**Datos del NMP de coliformes y *E. coli* en agua de consumo humano provenientes de pozos artesanales de la comunidad de Trapiche.

CANTIDAD	MUESTRA	CODIGO	COLIFORMES /100mL	<i>Escherichia coli</i>
1	Q2	2-1-0	15	15
2	Q3	3-0-1	39	39
3	Q4	1-0-1	7	7
4	Q6	3-0-0	23	23
5	Q8	0-0-0	0	0
6	Q5	2-1-0	15	15
7	H4	1-0-1	7	7
8	H6	3-0-0	23	23
9	H7	0-0-1	3	3
10	H8	2-0-1	14	14
11	R2	2-0-0	9	9
12	R10	0-0-0	0	0
13	K	0-0-0	0	0
14	N	0-0-0	0	0
15	P	2-0-2	20	20
16	A	0-0-0	0	0
17	B	1-0-0	4	4
18	C	0-0-0	0	0
19	D	0-0-0	0	0
20	F	0-0-0	0	0
21	G	0-0-0	0	0
22	H	0-0-0	0	0
23	I	2-0-1	14	14
24	S	0-0-0	0	0

**CUADRO 8:** Datos del NMP de coliformes y *E. coli* en agua de consumo

humano provenientes de acequias de la comunidad de Trapiche

CANTIDAD	MUESTRA	CODIGO	COLIFORMES /100ml	<i>Escherichia coli</i>
1	E	0-0-0	0	0
2	G	0-0-0	0	0
3	H	0-0-0	0	0
4	I	0-0-0	0	0
5	R9	1-0-0	4	4
6	A	0-0-0	0	0
7	B	1-0-0	4	4
8	F	2-0-0	9	9
9	E	0-0-0	0	0
10	J	0-0-0	0	0
11	L	0-0-0	0	0
12	R1	2-2-1	28	28
13	R3	2-0-0	9	9
14	R8	1-0-0	4	4
15	Q1	2-1-1	20	20
16	C	0-0-0	0	0
17	D	0-0-0	0	0
18	O	0-0-0	0	0
19	Ñ	1-0-0	4	4
20	Z	0-0-0	0	0

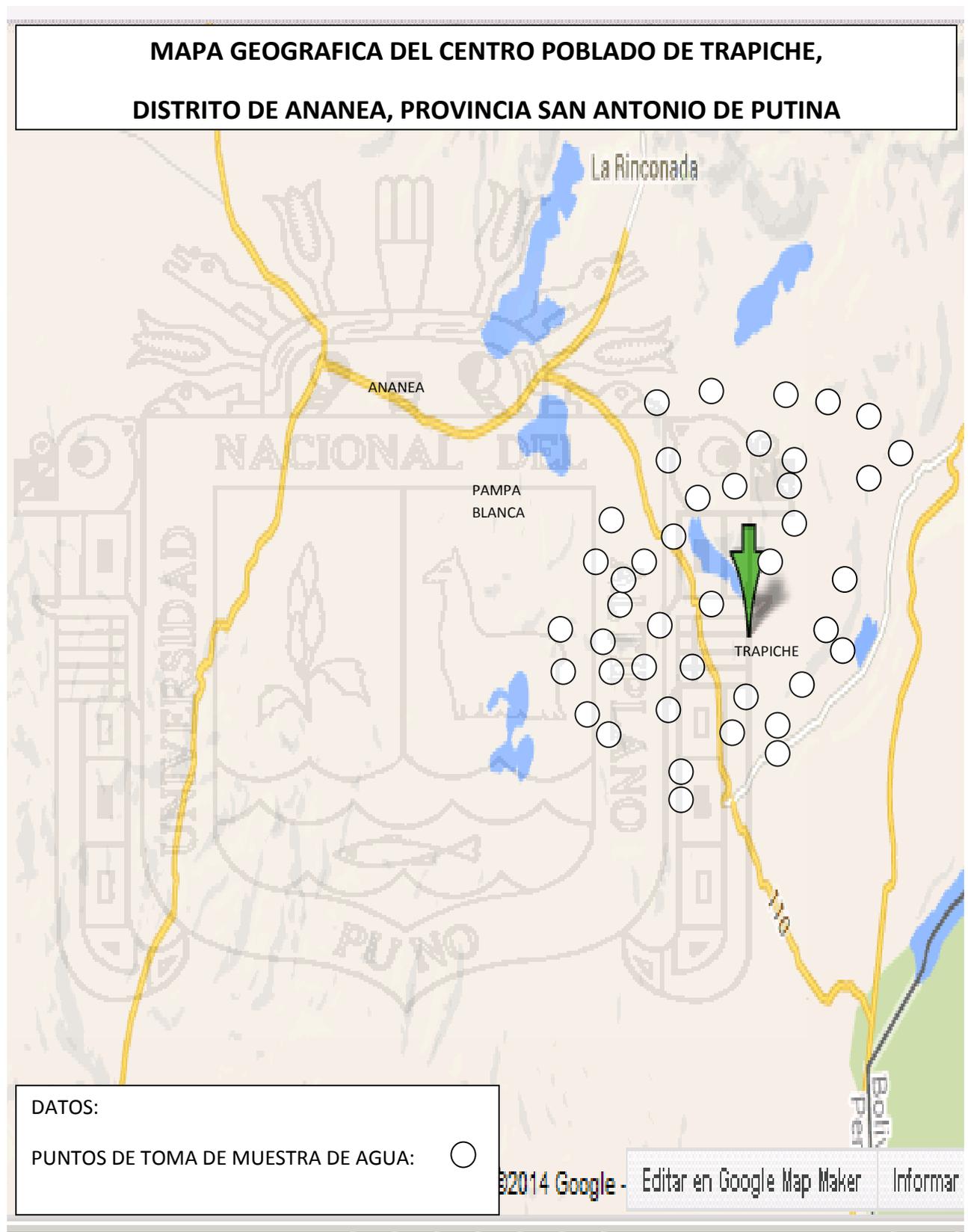
**CUADRO 9.** Número Más Probable de Coliformes, inoculando tres tubos por cada dilución; 10 mL, 1.0 mL, y 0.1 mL de agua.

**Table 1. For 3 tubes each at 0.1, 0.01, and 0.001 g inocula, the MPNs per gram and 95 percent confidence intervals.**

Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.		Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.	
0.10	0.01	0.001		Low	High	0.10	0.01	0.001		Low	High
0	0	0	<3.0	--	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	94	3	3	3	>1100	420	--

BAM, 2001 (Bacteriological Analysis Manual)

**Figura 1.**Ámbito de estudio y distribución de los puntos de muestreo de agua del centro poblado y comunidades de Trapiche.



**Foto 1.** Muestreo de agua de pozo artesanal.



**Foto 2.** Muestreo de agua de pozo de captación



**Foto 3.** Muestreo de agua de acequias



**Foto 4.** Muestreo de agua de acequias.



**Foto 5.** Muestreo de agua de pilones a nivel domiciliario.



**Foto 6.** Muestreo de agua de pilones públicos



**Foto 7.** Muestreo de agua de pilones públicos



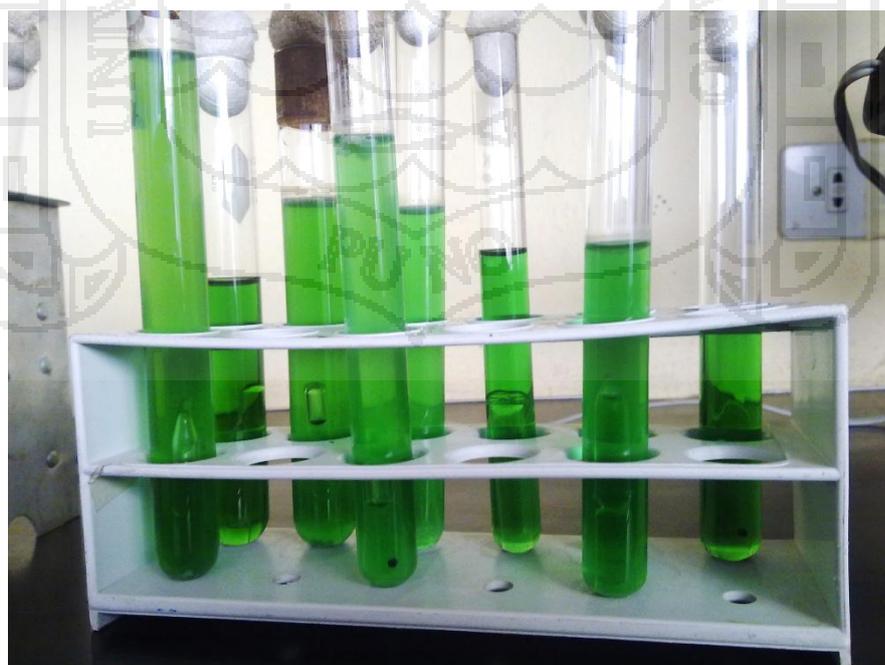
**Foto 8.** Muestreo de agua de pilones públicos



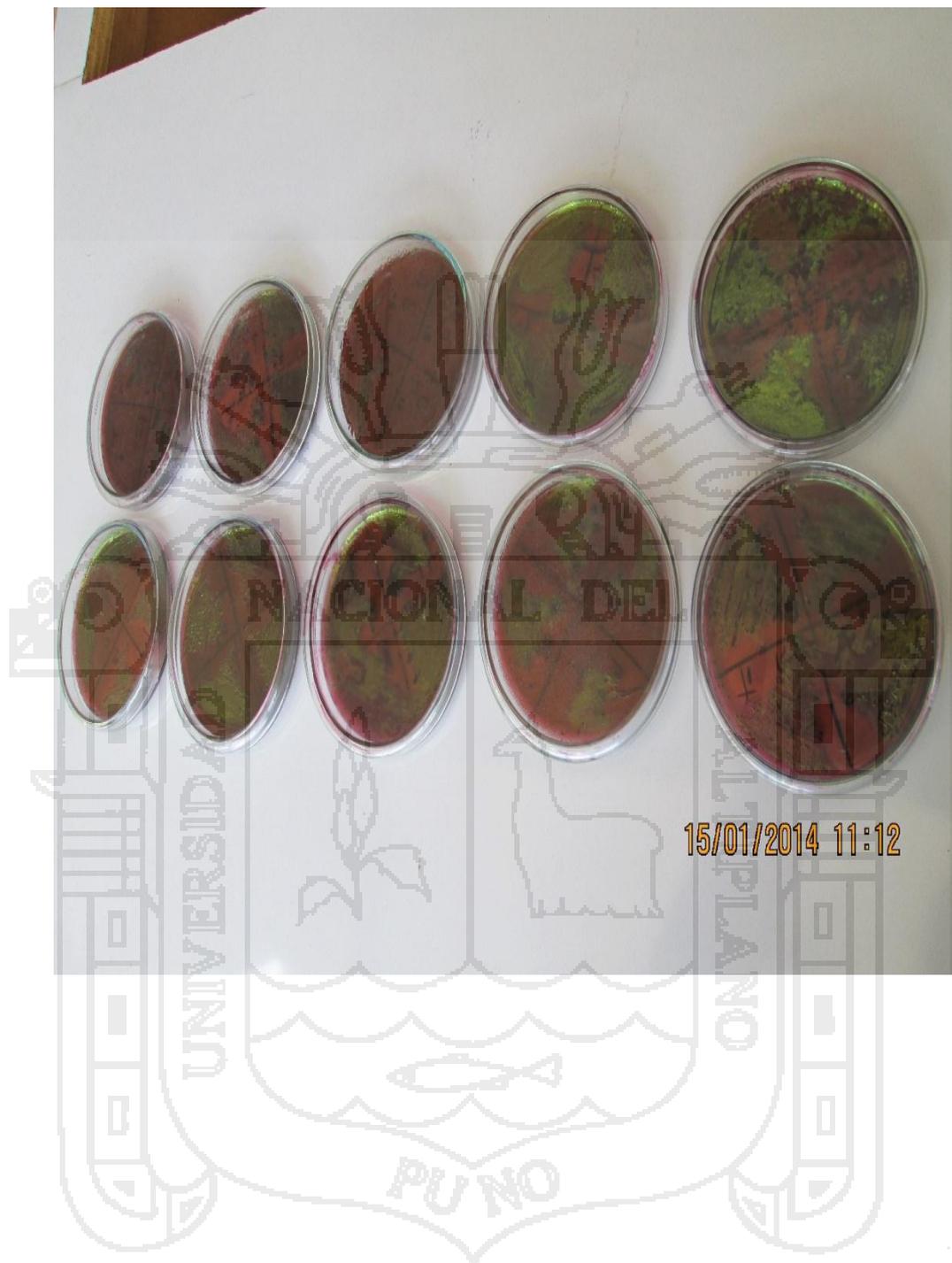
**Foto 9.** Número Más Probable de Coliformes (caldo lactosado)

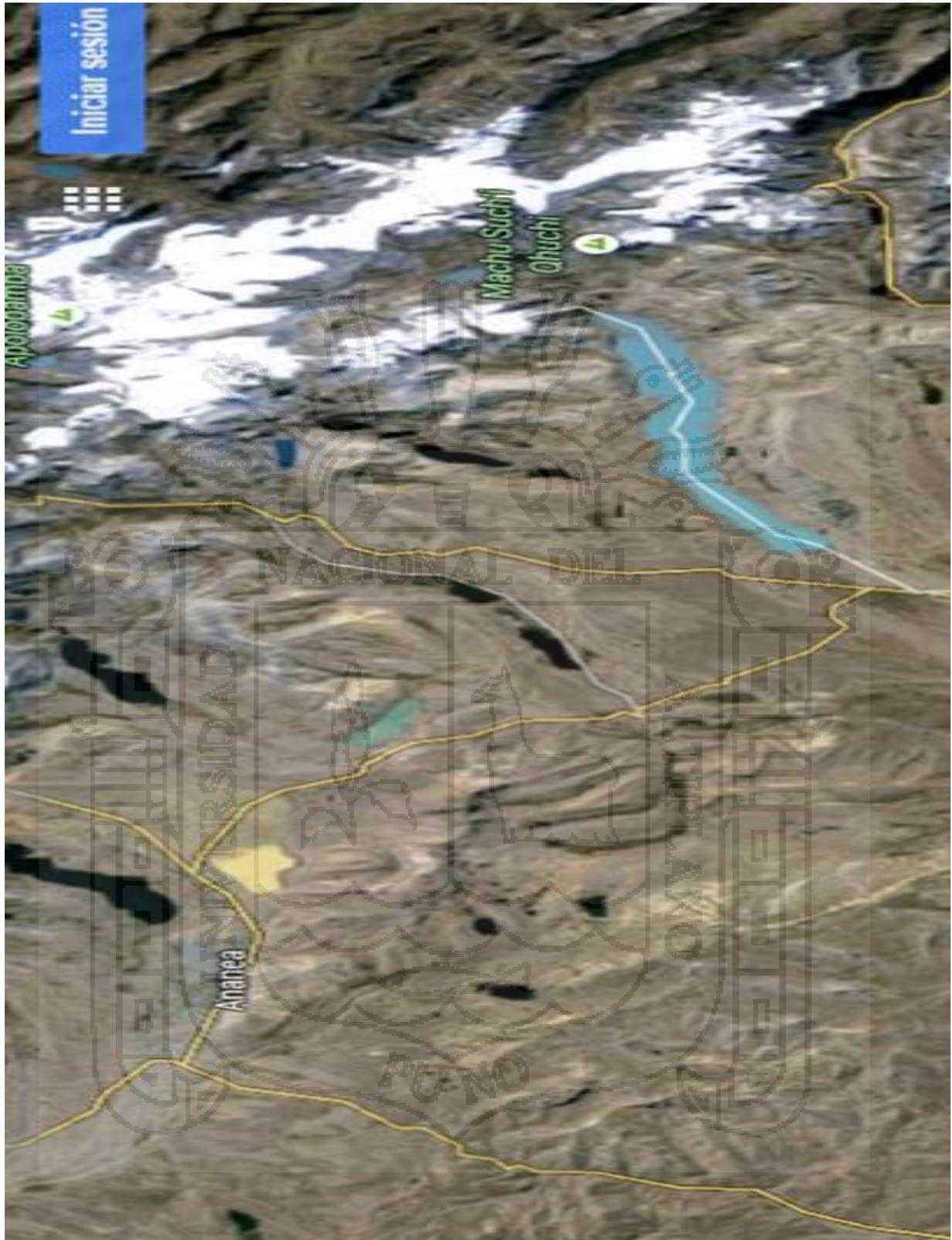


**Foto 10.** Número Más Probable de Coliformes (Caldo Verde Brillante Bilis Lactosado)



**Foto 11.**Eosin Methylene Blue, Prueba cionfirmatoria para *E. coli*





MINISTERIO DE SALUD DIGESA  
Programa de Vigilancia De La Calidad De Agua para Consumo Humano-FVICA

FORMULARIO PARA EVALUAR EL ESTADO SANITARIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FORMULARIO FVICA-3

Observación:  
Localidad / Anexo: Centro P. Trapiche Sector:  
Distrito: Amaveca Provincia: San Antonio Departamento: Puno  
Población total: 280  
Población servida: 540

Del sistema de agua potable.  
Antigüedad: 20 años Ente Ejecutor: Municipalidad D. Amaveca  
Rehabilitación: Si  No  Año:  
Funcionamiento: Continuo  Restringido  Inoperativo   
El sistema es único en el sector Si  No

Tipo de sistema de abastecimiento.  
Gravedad sin tratamiento  Gravedad con tratamiento  Bombeo sin tratamiento   
Bombeo con tratamiento

Observaciones:

Fuente.

TIPO DE FUENTE CAPTADO		
Mañanral/captado en el ojo	<input checked="" type="checkbox"/>	Responder pregunta 4.1
Pozo profundo	<input type="checkbox"/>	Responder pregunta 4.2
Agua superficial (galería filtrante)	<input checked="" type="checkbox"/>	Responder pregunta 4.3
Agua superficial con tratamiento	<input type="checkbox"/>	Responder pregunta 4.4

Nº de fuentes de abastecimiento: 02 Caudal Total  $Q_t =$  \_\_\_\_\_ L/s  
 Nombre fuente Nº 1: \_\_\_\_\_  $Q_1 =$  \_\_\_\_\_ L/s  
 Nombre fuente Nº 2: \_\_\_\_\_  $Q_2 =$  \_\_\_\_\_ L/s  
 Nombre fuente Nº 3: \_\_\_\_\_  $Q_3 =$  \_\_\_\_\_ L/s  
 Nombre fuente Nº 4: \_\_\_\_\_  $Q_4 =$  \_\_\_\_\_ L/s

Existen otras fuentes alternas en tiempo de sequía y/o emergencia Si  No   
 Nombre fuente Nº 1: \_\_\_\_\_  $Q_1 =$  \_\_\_\_\_ L/s  
 Nombre fuente Nº 2: \_\_\_\_\_  $Q_2 =$  \_\_\_\_\_ L/s

Captaciones y Buzón de reunión.  
 Número de captaciones: 02 Número de buzones de reunión: 01

Coordenadas UTM C1: Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
Coordenadas UTM C2: Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
Coordenadas UTM C3: Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
Coordenadas UTM C4: Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
Coordenadas UTM B1: Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
Coordenadas UTM B2: Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)
Coordenadas UTM B3: Este	Norte	Altura (m.s.n.m.)

**MINISTERIO DE SALUD DIGESA**

**Características**

	Captaciones				Buzones			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Existe cerco de protección?								
Existe cuneta de coronación?								
Cuenta con tapa sanitaria?		X						
La tapa tiene seguridad? ( llave maestra o candado )	X							
La estructura está en buen estado? (libre de rajaduras y fugas de agua)	X							
El interior de la estructura está libre de material extraño?	X							
Presencia de excremento y charcos de agua en un radio de 25 metros?		X						
Presencia de actividad agrícola o minera en las inmediaciones?	X							
Presencia de residuos sólidos (basura) en las inmediaciones?	X							
Existe cámara húmeda?	X							
Existe cámara de válvulas?	X							
Las válvulas están operativas?	X							
Las válvulas presentan fugas?		X						
Tiene tubería de limpia y rebose?		X						
Tiene canastilla de salida?		X						
Está pintado en el exterior?	X							

**4.2 Galería filtrante y Buzones de reunión**

Coordenadas UTM G: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM B1: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM B2: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM B3: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_

Número de buzones de reunión \_\_\_\_\_

Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

**Características**

	Galería		Buzón de reunión					
	Si	No	1	2	3	4	5	6
Existe cerco de protección?								
Cuenta con tapa sanitaria en buen estado y con seguridad?	X							
La estructura está en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?	X							
El interior de la estructura está limpio y libre de material extraño?	X							
Presencia de excremento y charcos de agua en un radio de 25 metros?	X							
Presencia de actividad agrícola o minera en las inmediaciones?	X							
Presencia de residuos sólidos (basura) en las inmediaciones?	X							

**4.2 Agua superficial con tratamiento**

Coordenadas UTM: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_ Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

Fuente: Riachuelo  Lago/laguna  Río  Acequia  Otro

Suministro: Bombeo  Gravedad

Proceso de tratamiento: Coagulación  Tipo de coagulante: \_\_\_\_\_

Floculación  Sedimentación  Prefiltración  Filtración lenta  Filtración rápida

**Características**

	Cog		Flo		S		F		R	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Existe cerco de protección?										
Las estructuras de tratamiento están libres de inundaciones accidentales?										
La estructura está en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?										
El interior de la estructura está limpio y libre de material extraño?										
Presencia de excremento y charcos de agua en un radio de 25 metros?										

**DIGESA**

Presencia de actividad agrícola o minera en las inmediaciones?

Presencia de residuos sólidos (basura) en las inmediaciones?

Cuenta con registro de limpieza y mantenimiento de los filtros?

Ha realizado cambio y/o reposición de lecho filtrante de los filtros?

Se realiza la evacuación de lodos del sedimentador en los últimos 2 años?

El flujo de ingreso de agua a las unidades es uniforme?

La adición de coagulante se realiza a todo lo ancho del canal?

**4. POZO PROFUNDO:** Perforado  Excavado

Coordenadas UTM P1: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_ Profundidad \_\_\_\_\_ metros

Coordenadas UTM P2: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_ Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM P3: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_ Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM P4: Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_ Altura (m.s.n.m.) \_\_\_\_\_

**Características**

Características	Pozos							
	1		2		3		4	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Existe caseta de protección?								
El piso presenta rajaduras?	X							
La boca del pozo cuenta con sello sanitario y/o tapa sanitaria?	X							
Está protegido contra lluvias e inundaciones?	X							
La estructura está en buen estado? (libre de rajaduras y fugas de agua)	X							
El interior de la estructura está libre de material extraño?	X							
Presencia de excremento y charcos de agua en un radio de 25 metros?	X							
Presencia de actividad agrícola o minera en las inmediaciones?	X							
Presencia de residuos sólidos (basura) en las inmediaciones?	X							
La bomba es lubricada con aceite?		X						
Cuenta con línea de purga?		X						
Cuenta con punto de muestreo?		X						
Está pintado en el exterior?		X						

**5. LINEA DE CONDUCCION**

5.1 Línea de conducción/impulsión

**Características**

Características	LC		LC	
	SI	NO	SI	NO
Presencia de fugas de agua?	X			
La línea se encuentra enterrada en toda su extensión?	X			
Los cruces aéreos están protegidos y en buen estado?	X			
Existen y están operativas las válvulas de aire?	X			
Existen y están operativas las válvulas de purga?	X			

5.2 Cámara rompe presión en línea de conducción (CRP-6)

Coordenadas UTM:

Este \_\_\_\_\_ Norte \_\_\_\_\_

Altura (m.s.n.m.):

Características	C.R.P.-6					
	1		2		3	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Existe cerco de protección?		X				
Cuenta con tapa sanitaria en buen estado y con seguridad?		X				
La estructura está en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?	X					
Presencia de excremento y charcos de agua en un radio de 25 m?	X					
Presencia de actividad agrícola o minera en las inmediaciones?	X					
Presencia de residuos sólidos (basura) en las inmediaciones?	X					

**MINISTERIO DE SALUD DIGESA**

**6. Sistema de distribución**

**6.1 Reservorio**

Volumen Reservorio (m<sup>3</sup>)

Coordenadas UTM:

Este	1	2	3
Norte			
Altura (m.s.n.m.):			

**Características**

Existe cerco de protección?	Si	No	Si	No	Si	No
Cuenta con tapa sanitaria?		X				
La estructura está en buen estado? y libre de rajaduras y fugas de agua?		X				
El interior de la estructura está limpio y libre de material extraño?		X				
Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 m?		X				
Presencia de actividad agrícola o minera en las inmediaciones?		X				
Presencia de residuos sólidos (basura) en las inmediaciones?		X				
Tiene tubería de limpia y rebosé?		X				
A la salida de las tuberías de limpia y rebosé existe rejilla de protección?		X				
Existe caseta de válvulas?		X				
Las válvulas están operativas?		X				
Cuenta con la tubería de ventilación?		X				
Cuenta con punto de muestreo?		X				

**6.2 Red de distribución**

Presencia de fugas de agua?	Si	No
La línea se encuentra enterrada en toda su extensión?	X	X
Las cajas de válvulas se encuentran secas?	X	X
Cuenta con válvulas de purga?	X	X
Cuenta con un plan de purgado de redes?	X	X

**6.3 Cámara rompe-presión en red de distribución (CRP-7)**

Coordenadas UTM:	1	2	4						
Este									
Norte									
Altura (m.s.n.m.):	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
<b>Características</b>		X							
Cuenta con tapa sanitaria en buen estado y con seguridad?		X							
La estructura está en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?		X							
Cuenta con tubería de ventilación?		X							
Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 m?		X							
Cuenta con válvula de control operativa?		X							
Funciona la válvula flotadora?		X							

**6.4 Piletas públicas**

	PP1		PP2		PP3		PP4		PP5		PP6		PP7		PP8		PP9		PP10			
	Si	No	Si	No																		
La estructura está en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
¿Está limpia la estructura?	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
¿Están los accesorios y el grifo completos en buen estado?	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Presencia de excremento y charcos de agua en un radio de 25 metros?	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Cuenta con pieza percolador funcionando	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	

**MINISTERIO DE SALUD DIGESA**

**7. Cloración**  
 El agua se clora en forma: Tipo de cloración: Gas  Permanente  Manual  Goteo  Eventual  Hipoclorador  Nunca  N° Hipocloradores \_\_\_\_\_

Insumo utilizado: \_\_\_\_\_ Concentración (%) \_\_\_\_\_

Características		Si	No
¿Esta el equipo en buen estado?			
¿Esta el equipo en uso en el momento de la visita?			
¿Existe stock de cloro?			<input checked="" type="checkbox"/>
¿El cloro residual en el reservorio es mayor o igual a 1.0 mg/L?			<input checked="" type="checkbox"/>
¿El cloro residual en las redes es mayor o igual a 0.5 mg/L?			<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cuenta con registro de control de cloro residual?			<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cuenta con comparador de cloro residual?			<input checked="" type="checkbox"/>
¿Cuenta con insumos DPD-1 para medir cloro residual?			<input checked="" type="checkbox"/>
¿El personal que opera ha recibido capacitación sobre limpieza y desinfección de agua?			<input checked="" type="checkbox"/>

**8. Tipo de almacenamiento de agua en las viviendas:**  
 Tachos  PVC  Cilindros metálicos  Bidones  Otros   
 Desinfección intradomiciliaria:  
 Cloro  Hervido  Otros

**9. Enfermedades relacionadas a la Calidad de Agua en la localidad (proporcionadas por el BESS)**  
 N° de casos de EDAs en menores de 5 años: providos 9 casos / mes  
 N° de EDAs totales en la localidad: providos 12 casos / mes  
 N° de casos de enfermedades parasitarias: \_\_\_\_\_  
 Cinco primeras causas de Morbilidad: 1. Enfermedades de la Vía Respiratoria  
 2. Enfermedades de la Cabeza y Oídos  
 3. Enfermedades del aparato digestivo  
 4. Enfermedades del sistema circulatorio  
 5. Enfermedades por traumatismos  
 Cinco primeras causas de Mortalidad: 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Nombre del Inspector: Guido Chambi Utrave Firma: \_\_\_\_\_  
 B°V° Administración del Sistema: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_