

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Características fisicoquímicas y biológicas de las  
aguas de las fuentes de abastecimiento y de  
consumo humano en el distrito de Talavera,  
Andahuaylas – Apurímac 2012.**

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

Presentado por el:

**Bach. CORTEZ CASANA, Diego Justino**

AYACUCHO – PERÚ

2015



Con mucho amor y agradecimiento  
a mi Familia y a Benjamín, adorado  
hijo.



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, casa superior de estudios que imparte cultura, ciencia y tecnología.

A Dios por darme la vida.

Al Dr. Saúl Chuchon Martínez y al Ing. Julio Hinojosa Molero por su asesoramiento en la realización de la presente tesis.

Al Blgo. Julián Palomino Guillén, por su apoyo en la realización de la presente tesis.

A la Asociación Civil de Usuarios de Agua Potable de Talavera, por su apoyo en el financiamiento de la presente tesis.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Aspectos generales	7
2.2.1. El agua	7
2.2.2. Distribución del agua	8
2.2.3. Volumen del agua presente en la corteza terrestre	8
2.2.4. Propiedades Físicas y Químicas del agua	8
2.2.5. Ciclo hidrológico del agua	9
2.2.7. Calidad del agua	10
2.2.8. Características Físicas	10
2.2.9. Características químicas	13
2.2.10. Características microbiológicas	20
2.2.11. Características biológicas de las aguas superficiales	21
2.2.12. Enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada	24
2.2.13. Normatividad	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Lugar de estudio	27
3.2. Metodología	27
3.2.1. Muestra	27
3.2.2. Periodicidad de los muestreos	28
3.2.3. Técnica de muestreo, Franson	29
3.2.4. Procedimientos	30
3.2. Análisis estadístico	34
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN	41

VI.	CONCLUSIONES	49
VII.	RECOMENDACIONES	51
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	ANEXOS	55



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lugar y volumen del agua en la tierra	8
Tabla 2. Agentes patógenos y organismos productores de toxinas en aguas superficiales	20
Tabla 3. Algunos organismos y enfermedades relacionadas con el agua contaminada.	25
Tabla 4. Algunos elementos químicos presentes en agua contaminada para consumo humano y sus efectos en la salud.	26
Tabla 5. Promedio y desviación típica de las características fisicoquímicas en las aguas de las fuentes de abastecimiento (Carmen y Sallar, Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio I y Pachapuquio) y aguas de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012.	37
Tabla 6. Promedio y desviación típica de las características físicas y biológicas en las aguas provenientes de los grifos de las viviendas más alejadas de los reservorios (Salinas, Pachapuquio, Collpa y Cuncataca), abastecedores de agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012.	38
Tabla 7. Concentración (mg/L) de metales pesados en aguas provenientes de las fuentes de abastecimiento (Carmen y Sallar, Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio I y Pachapuquio) y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012.	39
Tabla 8. Resultados de numeración de coliformes fecales y totales y estudio biológico en aguas provenientes de las fuentes de abastecimiento (Carmen y Sallar, Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio I y Pachapuquio) y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas – Apurímac 2012.	40
Tabla 9. Resultados de la numeración de coliformes fecales y totales y cloro residual libre (mg/L) en las aguas provenientes de las viviendas más lejanas de los reservorios (Salinas, Pachapuquio, Collpa y Cuncataca) abastecedores de agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas Apurímac 2012.	40



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa catastral del distrito de Talavera-Andahuaylas-Apurímac.	28
Figura 2. Imagen Satelital del Distrito de Talavera	28



## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación de Manante Curibamba	57
Anexo 2. Ubicación de Manante Choccepuquio	58
Anexo 3. Ubicación de Manante Pachapuquio.	59
Anexo 4. Botella utilizada para el muestreo	60
Anexo 5. Materiales, Equipos y Reactivos Utilizados	61
Anexo 6. Tablas de cálculo de la prueba de "t"- Student.	62
Anexo 7. Matriz de consistencia	67



## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar las características fisicoquímicas y biológicas de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano en el distrito de Talavera y así comprobar si el agua que se consume en el distrito mencionado se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles para ser destinada al consumo humano. Se realizaron doce muestreos de cada una de las cinco fuentes de abastecimiento (fuentes subterráneas) que son utilizadas para el consumo humano en el distrito, a las cuales se les realizó el análisis de veinticuatro parámetros por muestra, dentro de los cuales se consideraron parámetros fisicoquímicos y biológicos; doce muestreos en las viviendas más lejanas de cada uno de los cuatro reservorios abastecedores, a los cuales se les realizaron el análisis de siete parámetros por muestra, dentro de los cuales se consideraron parámetros fisicoquímicos y biológicos, dos muestreos para análisis de metales pesados (Hierro, Manganeseo, Aluminio, Cobre, Plomo, Cadmio, Arsénico, Mercurio y Zinc) en cada una de las cinco fuentes de abastecimiento; haciendo un total de ciento dieciocho muestras en todo el estudio. Los resultados obtenidos indican que las aguas de las fuentes de abastecimiento de Curibamba, Choccepuquio, Pachapuquio, Isopuquio 1, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA-PERÚ) Decreto Supremo N° 002 – 2008 – MINAM, para ser destinada al consumo humano a excepción de la fuente denominada Carmen y Sallar ya que esta posee una concentración de Arsénico de 0.014mg/l, teniendo un exceso de 0.004mg/l más que el Límite Máximo Permisible que establece el decreto antes mencionado, el Arsénico al ser altamente tóxico nos indica que la fuente con esta característica debe ser tratada con coagulantes o la deben descartar como fuente de abastecimiento. En el caso de las muestras provenientes de los cuatro reservorios todos cuentan con índices paramétricos que se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio de Salud.

**Palabras clave:** Talavera, Andahuaylas, Apurímac.





## I. INTRODUCCIÓN

El agua se encuentra en nuestro planeta en forma líquida, sólida y gaseosa. El total de agua en la tierra se estima en 1'400,000.00 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales un 3% del total corresponde a agua dulce. La provisión global de agua en la tierra (invariable desde hace miles de millones de años) está sometida al denominado "Ciclo Hidrológico" que consiste en una serie de cambios de fase, características físicas, químicas y microbiológicas, e incluso, de emplazamiento físico (mares, nubes, glaciares, ríos, aguas subterráneas, etc.) cuyo último efecto es la "renovación" periódica de la dotación de agua en las grandes acumulaciones del planeta. El motor del ciclo hidrológico es la radiación solar recibida por la tierra que provoca la evaporación de agua desde la superficie libre de océanos y mares hasta la atmósfera.

El uso que el hombre hace del agua varía dependiendo de la zona concreta del planeta: desde menos de diez litros por habitante al día en países sub desarrollados hasta 100 litros por habitante en zonas industrializadas. El agua al ser el elemento que cumple un rol importante e irremplazable para la vida, puede comportarse también como un elemento nocivo para la salud del hombre ya que puede tener en sus características fisicoquímicas y biológicas, elementos considerados como dañinos para el hombre, es por esto que el Ministerio de Salud mediante el D. S. 031-2010-SA. Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, y el Ministerio del Ambiente mediante el D. S. 002-2008-MINAM-Estandares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprueban los Límites Máximos Permisibles para los diferentes parámetros de una caracterización de fuentes de abastecimiento de agua antes de ser captadas y determinar así el uso que se le dará al agua que emana de estas fuentes. La situación actual es, que las fuentes de abastecimiento de agua con las que cuenta el distrito de Talavera no cuentan con una caracterización previa para poder determinar así el tratamiento adecuado al cual someterlo.

Dentro del presente trabajo de investigación se tomó en cuenta como objetivo general el determinar las características fisicoquímicas y biológicas del agua de las fuentes de abastecimiento y aguas para consumo humano en el distrito de Talavera, y como objetivos específicos realizar la determinación de las características fisicoquímicas de las cinco fuentes de abastecimiento y agua que llega a las viviendas del distrito de Talavera y contrastarlas con la normativa actual y realizar la determinación de las características biológicas de las cinco fuentes de abastecimiento y agua que llega a las viviendas del distrito de Talavera y contrastarlas con la normativa actual.

Para el presente trabajo de investigación se trazaron los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Determinar las características fisicoquímicas y biológicas de las fuentes de abastecimiento y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas – Apurímac durante los meses de mayo a octubre del 2012.

**Objetivos Específicos:**

- Determinar las características fisicoquímicas de las 5 fuentes de abastecimiento y compararlas con los LPM establecidos por la SUNASS, DIGESA y OMS.
- Determinar las características biológicas de las 5 fuentes de abastecimiento y compararlas con los LPM establecidos por la SUNASS, DIGESA y OMS.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes.

**Gray**<sup>1</sup>, propone los siguientes factores de origen natural sobre los que va a depender la calidad del agua: naturaleza del agua de lluvia que rellena los acuíferos, tipos de aguas subterráneas (edad del agua del acuífero), tipo de suelo y el tipo de roca que forma el acuífero. Como factores antropogénicos de contaminación pueden ser: usos del suelo cercanos a los acuíferos (agrícola, ganadero, etc.) y la infiltración de aguas residuales. De la calidad del agua de consumo que disponen las poblaciones dependen en gran medida la calidad de vida de las mismas, pues el agua insalubre es uno de los diez factores de riesgo que producen mayor carga de morbilidad en el mundo, según estudios de la OMS. Dependiendo de la contaminación que se esté dando, varía el tipo de enfermedad: contaminación microbiológica es asociada a enfermedades de tipo infecciosa, mientras que en la contaminación físico-química y por plaguicidas las enfermedades son de tipo crónicas.

**Doria**<sup>2</sup> sobre “Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del Complejo Carbonífero Cerrejón, La Guajira-Colombia”, realizó un estudio para evaluar la calidad del agua en comparación con la resolución 2115/07 del Ministerio de Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El estudio se realizó en los resguardos indígenas de Provincial, Trupio Gacho y San Francisco del municipio de Barrancas, en el periodo de octubre a diciembre de 2008. Se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas (conductividad eléctrica, pH, turbidez, sólidos totales, alcalinidad, dureza, color, oxígeno disuelto, amonio, nitrito, nitrato, fosfatos, cloruros y hierro) y microbiológicas (coliformes fecales y totales) del agua de 14 jagüeyes. La calidad física del agua (turbidez, conductividad eléctrica y sólidos) puede estar determinada por partículas finas, tanto de origen orgánico como inorgánico, las

cuales son tan pequeñas que no sedimentan y por eso el agua aparece turbia. El hecho que el agua permanezca durante casi todo el tiempo del año estancada en los jagüeyes, permite la disolución de sales de calcio y magnesio, especialmente carbonatos, originando una dureza moderada y pH alcalinos.

**González y Aguirre<sup>3</sup>**, En la investigación titulada “Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua”, determinaron que las principales fuentes de agua de consumo humano, es el agua subterránea. El objetivo de este estudio fue caracterizar la calidad del agua de consumo humano del sector rural noreste de León. Se realizaron análisis microbiológicos (N=69), análisis físico-químicos (N=67) y análisis de plaguicidas (N=48). Además, se realizó una encuesta sobre las características de las fuentes de agua (pozos), el uso y tratamientos de sus aguas. Los análisis microbiológicos mostraron que un 95,7% de los resultados, no cumplen con los requisitos establecidos en las normas CAPRE-Nicaragua, en cuanto al parámetro fisicoquímico el 18,8% de presenta contaminación y el 31,3% de los pozos presentan contaminación con pesticidas. La principal fuente de contaminación microbiana que se ha encontrado es la inserción de materia fecal a través de los mecates y baldes sucios que se utilizan para la extracción del agua.

**Cruz<sup>4</sup>**, En la investigación titulada “Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por entero patógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco, de marzo a julio del 2006”, Se realizó una Investigación transversal descriptiva, las muestras de agua fueron trasladadas al Laboratorio de Microbiología de la UNSCH para su procesamiento utilizando terma a una temperatura de 4 – 6 °C; para el análisis bacteriológico se utilizó la técnica de filtro de membrana para identificar los indicadores de contaminación del agua dentro de ello tenemos a los Coliformes fecales, Coliformes totales, mesófilos heterófilos viables y enterococos, la identificación de parásitos se utilizó el muestreo de concentración con gasa; Las muestras de origen humano se procesaron en el laboratorio del centro de salud – MINSA – Pichari, la determinación de la presencia o ausencia de parásitos en las muestras de heces se usó el examen directo y la técnica de sedimentación espontánea, y el estudio hematológico se realizaron con la técnica de recuento leucocitario y el de micro hematocrito. El agua de consumo humano en diferentes puntos del distrito en estudio, revela que la contaminación del agua se

encuentra fuera de los límites permisibles según Normas Nacionales y las guías de la **OMS**<sup>5</sup>, **OPS**<sup>6</sup>, para aguas de consumo humano. El estudio parasitológico de las heces de los niños y niñas del distrito en edad escolar muestra que el 96,5% del total está infectado con al menos un tipo de entero parásito patógeno, siendo el *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Giardia lamblia* y *Uncinarias sp.* En ese orden los de mayor presencia en las muestras de heces y el estudio hematológico muestra valores de componentes hemáticos compatibles con algún proceso patológico infeccioso parasitológico y bacteriano. El 100% de las muestras de agua de consumo humano del distrito de Pichari no cumplen con las normas microbiológicas de INDECOPI y los valores guía de la OMS. El 100% de las muestras de agua analizadas presentaron valores para número de Bacterias Mesófilas Heterótrofas Viables, superiores a lo permisible (500 UFC/ml), en un rango de 698 a 13000 UFC/ml.; para número de Coliformes Totales, superiores a lo permisible (0 UFC/100 ml), en un rango de 545 UFC a 10000 UFC/100ml.; para número de Coliformes Fecales, superiores a lo permisible (0 UFC/100 ml), en un rango de 553 a 10000 UFC/100ml. Y valores para Enterococos, superiores a lo permisible (0 UFC/100 ml), en un rango de 680 a 10000 UFC/100ml. Por lo que se concluye que no existe ningún sistema de purificación del agua de consumo humano en el Distrito de Pichari.

**Marchand**<sup>7</sup>, En la investigación titulada, “Microorganismos Indicadores de la Calidad de Agua de Consumo Humano en Lima Metropolitana”, el trabajo se desarrolló entre junio y diciembre del año 2000, se analizaron doscientas veinticuatro muestras de agua del sistema de almacenamiento y distribución de agua en inmuebles y cincuenta y seis muestras de agua provenientes de pozo, de estas cuarenta (17.86%) muestras de agua de inmuebles y cuarenta y uno (73.68%) muestras provenientes de pozos no cumplieron las normas microbiológicas. Además de los indicadores tradicionales se encontró *Pseudomonas aureginosa* y *Estreptococos* fecales, hallándose estos microorganismos en muchos de los casos en ausencia de coliformes, se concluye que estos dos microorganismos indicadores pueden ser utilizados como indicadores complementarios de la calidad del agua de consumo humano. El agua, de calidad cada vez más pobre, puede transmitir una gran cantidad de enfermedades peligrosas y hasta mortales, entre ellas las enfermedades diarreicas agudas (EDA), que constituyen uno de los principales problemas de salud en la población infantil. Las EDA representan la primera causa de muerte en niños de uno a cinco años de edad, en quienes ocasionan 3,2 millones de

defunciones anuales en el mundo. Además se ha estimado que el 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre, de un saneamiento y una higiene deficientes<sup>5</sup>.

La diseminación de los patógenos ambientales causantes de enfermedades a través del agua, depende principalmente de su supervivencia en el ambiente, de la exposición de los individuos al agua contaminada, del grado de susceptibilidad de los individuos, de la concentración de los microorganismos entéricos en el ambiente como consecuencia del número de personas y animales infectados en las comunidades, de la cantidad de agua que cada individuo ingiere y de la dosis infecciosa del microorganismo, **Botero**<sup>8</sup>.

La contaminación del agua con excretas ha sido, a través del tiempo, una de las principales preocupaciones humanas. Es importante que la disponibilidad y uso de sistemas de abastecimiento de agua potable sean adecuados, así como los medios higiénicos, los cuales constituyen partes integrales de la atención primaria de salud, lo que ayuda a evitar o limitar la propagación de muchas enfermedades infecciosas, tanto en los seres humanos como en animales. La contaminación del agua también, puede ser a través de la fuente, de su distribución o en los depósitos comúnmente empleados para almacenarla, puesto que se ha comprobado que la contaminación de los botellones destinados para la distribución del agua potable a las comunidades es un factor importante en la transmisión de enfermedades diarreicas; dicha contaminación se puede producir cuando no están bien cubiertos, mal lavados o cuando utensilios o manos contaminadas entran en contacto con el agua, **Silva**<sup>9</sup>.

Por lo antes expuesto, se puede afirmar que la falta de un tratamiento adecuado de las aguas puede producir las llamadas enfermedades entéricas, en las que la infección se origina en el tubo digestivo y los microorganismos causantes se eliminan por las heces; es por esta razón que la infección resulta del contacto directo entre material fecal infectante y la boca de una persona susceptible, causando un riesgo de salud importante<sup>9</sup>.

Se realizó un análisis en el que se evidenció que quince de los países de las Américas reportaron casos de cólera para ese año. Sólo Perú notificó el 73,1% del total de los casos reportados (57 104). Colombia, que notificó un aumento de los casos en 1996, fue presentando una reducción en 1997 y mayor todavía en 1998. Venezuela también reportó un menor número de casos de cólera en 1998, comparado con 1997, de 313 y 2 551 casos, respectivamente. En 1997, los cinco países de la región con la tasa de incidencia más elevada fueron:

Nicaragua, Bolivia, Perú, Venezuela y Guatemala. En 1998, Venezuela y Bolivia redujeron significativamente su tasa de incidencia, dejando de pertenecer al grupo de países con problemas importantes derivados de esta enfermedad<sup>6</sup>.

Otro grupo de indicadores de calidad sanitaria, que se han utilizado en el análisis microbiológico del agua, es el de los aerobios mesófilos, los cuales son microorganismos heterótrofos, aerobios o anaerobios facultativos, mesófilos o psicotróficos capaces de crecer en cualquier medio de agar nutritivo. Estas bacterias se estudian, junto con el índice de coliformes, con el propósito de controlar un proceso de tratamiento de agua y para verificar su calidad. El método se basa en contar el número de colonias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido, en el que se ha sembrado un volumen conocido de agua, transcurrido un tiempo y una temperatura de incubación determinados<sup>9</sup>.

Es conocido a nivel mundial que la calidad de las fuentes de agua destinadas para el consumo humano ha representado una problemática importante para los investigadores. En un estudio del agua realizado en la ciudad de Campeche, México, se investigó la calidad sanitaria de los suministros (pozos) que abastecen a la población de la ciudad, y se encontraron bacterias mesófilas aerobias, microorganismos coliformes totales y coliformes fecales; demostrando la existencia de potentes factores de contaminación, tanto en los pozos como en su entorno inmediato. Los resultados indicaron la necesidad de implementar un programa permanente de monitoreo de la calidad sanitaria del agua que asegure una vigilancia sistemática de las fuentes de abastecimiento y distribución para el consumo humano, **Marquez**<sup>10</sup>.

## **2.2. Aspectos generales**

### **2.2.1. El agua**

El agua es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlace covalente, los cuales se encuentran formando un ángulo de 105° con el oxígeno en el vértice. El enlace entre el hidrógeno y el oxígeno le da al agua propiedades únicas que le permiten cumplir con funciones esenciales en la naturaleza. El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre, **Rodier**<sup>11</sup>.

Con frecuencia pensamos que el agua es un recurso natural abundante e infinito esto no es así, de toda el agua existente en el planeta sólo una fracción mínima es agua directamente utilizable y esta se encuentra distribuida de manera muy

poco uniforme. El 97 % del agua de nuestro planeta es salada y se encuentra en los mares u océanos y el 3% restante es agua dulce. De esta cantidad, el 77,6% está concentrada en los casquetes polares y los glaciares, el 2,8% es agua inaccesible o se halla en la atmosfera, por lo que sólo está disponible para el consumo humano el 0,6% del total, **Ugolini**<sup>12</sup>.

### 2.2.2. Distribución del agua.

El agua a nivel de todo el planeta se distribuye en el 97% perteneciente a agua salada o de mar y el 3% equivalente a agua dulce, este 3% de agua dulce está distribuida en 77,6% en hielo y nieves perpetuas, 21,8% en las napas freáticas y solo un 0,6% de aguas superficiales disponibles, y este 0,6% existente se encuentra dividido en: 3% biológica (presente en los seres vivos), 7% atmosférica, 33% en humedad del suelo y 57% en lagos y ríos.

### 2.2.3. Volumen del agua presente en la corteza terrestre.

Tabla 1. Lugar y Volumen del agua en la Tierra

Lugar del agua	Volumen del agua en kilómetros cúbicos	Porciento de agua total
<b>Océanos</b>	1 321 000 000	97,24%
<b>Capas de hielo, glaciares</b>	29 200 000	2,14%
<b>Agua subterránea</b>	8 340 000	0,61%
<b>Lagos de agua dulce</b>	125 000	0,009%
<b>Mares tierra adentro</b>	104 000	0,008%
<b>Humedad de la tierra</b>	66 700	0,005%
<b>Atmosfera</b>	12 900	0,001%
<b>Ríos</b>	1 250	0,0001%
<b>Volumen total de agua</b>	1 360 000 000	100%

### 2.2.4. Propiedades Físicas y Químicas del agua.

- El agua es insípida e inodora en condiciones normales de presión y temperatura. El color del agua varía según su estado: como líquido, puede parecer incolora en pequeñas cantidades, aunque en el espectrógrafo se prueba que tiene un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul y en estado gaseoso (vapor de agua) es incolora.
- El agua pura tiene una conductividad eléctrica relativamente baja, pero ese valor se incrementa significativamente con la disolución de una pequeña cantidad de material iónico, como el cloruro de sodio.



- A diferencia de otros compuestos similares, el agua es líquida a temperatura ambiente, posee un elevado punto de ebullición y un bajo punto de congelación.
- El agua líquida tiene una alta capacidad calorífica; es decir, puede absorber gran cantidad de calor sin elevar mucho su temperatura. Esta propiedad impide que las masas de agua se calientan o enfríen con rapidez, ayuda a los organismos a protegerse de las variaciones de temperatura del ambiente y permite mantener el clima de la tierra.
- Cuando se congela el agua adquiere una estructura cristalina muy ordenada, en consecuencia, el hielo tiene una densidad menor que el agua líquida, por esto flotan y en los mares y lagos se congelan de arriba hacia abajo.
- Con la capacidad de disolver una gran variedad de sustancias sin reaccionar químicamente con ellas, el agua es un solvente sin igual. Esta propiedad hace que el agua transporte nutrientes disueltos a través de los tejidos de los seres vivos y elimine productos de desecho. Sin embargo, esta capacidad del agua para actuar como disolvente también hace que se contaminen con gran facilidad.
- El agua se adhiere a los sólidos. Esta propiedad juega un papel muy importante en la absorción del agua y los nutrientes por las plantas.
- Ya que el oxígeno tiene una electronegatividad superior a la del hidrógeno, el agua es una molécula polar. El oxígeno tiene una ligera carga negativa, mientras que los átomos de hidrógenos tienen una carga ligeramente positiva del que resulta un fuerte momento dipolar eléctrico. La interacción entre los diferentes dipolos eléctricos de una molécula causa una atracción en red que explica el elevado índice de tensión superficial del agua.
- La capilaridad se refiere a la tendencia del agua de moverse por un tubo estrecho en contra de la fuerza de la gravedad. Esta propiedad es aprovechada por todas las plantas vasculares, como los árboles.
- El agua puede descomponerse en partículas de hidrógeno y oxígeno mediante electrólisis, **Donald**<sup>13</sup>.

#### **2.2.5. Ciclo hidrológico del agua.**

La cantidad de agua en el planeta ha permanecido estable desde la formación de la tierra. El agua de lluvia que vemos caer se ha precipitado millones de veces antes y seguirá haciéndolo, corriendo de la tierra al mar, evaporándose para formar nubes y volver a caer en un ciclo sin fin conocido como ciclo del agua.

El agua se evapora de la tierra y los océanos, el vapor de agua flota por su baja densidad y es arrastrado por las corrientes de aire hasta que finalmente se precipita como lluvia, granizo o nieve. Al llegar a la superficie puede seguir varios caminos: Ser absorbida por las plantas y de ellas ser transpirada y de vuelta a la atmosfera, fluir por la superficie de la tierra hacia corrientes o ríos, filtrarse a depósitos subterráneos recargando los mantos acuíferos o bien llenar las depresiones formando lagos de donde más tarde se evaporara nuevamente. Debido a este proceso el ciclo del agua juega un papel muy importante en su auto purificación.

### **2.2.7. Calidad del agua.**

El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria<sup>6</sup>.

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar.

Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial<sup>5</sup>.

### **2.2.8. Características Físicas.**

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes las siguientes: color, conductividad eléctrica, pH, sólidos solubles e insolubles, temperatura, turbiedad, **Arboleda**<sup>14</sup>.

- **Color.**

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella, **Castro**<sup>15</sup>.

Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas: La extracción acuosa de sustancias de origen vegetal, la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo, la presencia de

hierro, manganeso y otros compuestos metálicos y una combinación de los procesos descritos. En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. Se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada. Existen muchos métodos de remoción del color. Los principales son la coagulación por compuestos químicos como el alumbre y el sulfato férrico a pH bajos y las unidades de contacto o filtración ascendente. Debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar que la aplicación de cloro como desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno, **Barrenechea**<sup>16</sup>.

- **Conductividad eléctrica.**

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de un material de dejar pasar la corriente eléctrica, su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material, los metales son buenos conductores porque tienen una estructura con muchos electrones con vínculos débiles y esto permite su movimiento. La conductividad también depende de otros factores físicos del propio material y de la temperatura.

- **Potencial de hidrogeno (pH).**

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de cinco a nueve. Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un alcalino (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes. Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua, **CEPIS**<sup>17</sup>.

- **Sólidos y residuos.**

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos. Las partículas pueden estar: Disueltas (hasta un micrómetro), en cuyo caso físicamente no influirán en la turbiedad, pero sí podrían definir su color u olor, formando sistemas coloidales (1 a 1000  $\mu\text{m}$ ), que son las causantes de la turbiedad neta del agua, en forma de partículas suspendidas (por encima de 1000  $\mu\text{m}$ ), las cuales caen rápidamente cuando el agua se somete a reposo. Es necesario aclarar que las pruebas analíticas para determinar las formas de los residuos no determinan sustancias químicas específicas y solo clasifican sustancias que tienen propiedades físicas similares y comportamiento semejante frente a las diferentes condiciones ambientales.

**Sólidos totales:** Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina a 103 – 105 °C. Equivalencias: Sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos, Sólidos totales = sólidos fijos + sólidos volátiles

**Sólidos disueltos o residuos disueltos:** Mejor conocidos como *sólidos filtrables*, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada. Comprende sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración, ambos con partículas inferiores a un micrómetro (1  $\mu\text{m}$ ).

**Sólidos en suspensión:** Corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio.

**Sólidos volátiles y fijos:** Los sólidos volátiles son aquellos que se pierden por calcinación a 550 °C, mientras que el material remanente se define como sólidos fijos. La mayor parte de los sólidos volátiles corresponden a material orgánico. Los sólidos fijos corresponden, más bien, a material inorgánico <sup>16</sup>.

- **Temperatura.**

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción

de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente <sup>15</sup>.

- **Turbiedad.**

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

Últimamente, ha cobrado importancia la presencia de fibras de asbesto desprendidas de los accesorios de asbesto-cemento de los sistemas de distribución como un factor causante de turbiedad en las aguas de consumo humano. En la práctica, la remoción de la turbiedad no es un proceso difícil de llevar a cabo en una planta de clarificación de agua; sin embargo, es uno de los que más influye en los costos de producción, porque, por lo general, requiere usar coagulantes, acondicionadores de pH, ayudantes de coagulación, etcétera. El diseño de los sistemas de remoción de turbiedad debe considerar no solo el tipo de partículas existentes (origen, estructura, composición y forma) sino también su tamaño y comportamiento. Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por otra parte, en el proceso de eliminación de los organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbiedad reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante <sup>16</sup>.

### **2.2.9. Características químicas.**

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

A continuación se sustentan las características e importancia de los principales parámetros químicos relacionados con las fuentes de abastecimiento.

- **Cloruros.**

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas. En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad. A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción disolvente sobre ciertas sales presentes en el agua y también sobre algunos componentes del cemento, al impartirles una acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo. Por sus características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de ellos impracticables, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos. El método tradicional, que puede resultar más eficiente y práctico, es el de la destilación. Actualmente se está trabajando en este campo para lograr unidades que aprovechen la energía solar y eliminen los cloruros de manera eficiente y a bajo costo. Este sistema puede resultar especialmente útil en comunidades costeras cuya única fuente sea el agua del mar. Los límites fijados en el agua por las normas de calidad se sustentan más en el gusto que le imparten al agua que en motivos de salubridad <sup>16</sup>.

- **Dureza.**

Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio. Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos. Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos.

La remoción de la dureza en el tratamiento se lleva a cabo mediante la precipitación con cal o mediante el proceso combinado cal-carbonato, conocido como ablandamiento cal-soda. En términos generales, puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/L; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/L (en todos los casos, como  $\text{CaCO}_3$ ). Las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano <sup>16</sup>.

- **Nitritos y nitratos.**

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos (Castro, 1987).

Nitrato y nitrito son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno. En el ambiente nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) generalmente se convierte a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), lo que significa que nitrito ocurre raramente en aguas subterráneas.

- **Sulfatos.**

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas. La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados. Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un máximo de 500 mg/L <sup>16</sup>.

- **Aluminio.**

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm. El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles. Durante el tratamiento es posible remover las sales de aluminio solubles,

mediante la formación de hidróxido de aluminio. Sin embargo, es necesario tener mucho control del pH, pues si este sube excesivamente, podría producirse la formación de aluminatos, nuevamente solubles. La coagulación, en este caso, se realiza mediante polímeros orgánicos, por lo general aniónicos. Cuando el aluminio se encuentra en el agua cruda, se recomienda usar como coagulantes sales de hierro o polímeros sintéticos. Los coagulantes de aluminio dejan un remanente de metal que, en algunos casos, puede llegar a niveles no deseados<sup>16</sup>.

- **Arsénico.**

Puede estar presente en el agua en forma natural. Es un elemento muy tóxico para el hombre. Se encuentra en forma trivalente o pentavalente, tanto en compuestos inorgánicos como orgánicos. Las concentraciones de As en aguas naturales usualmente son menores de 10 µg/L. Sin embargo, en zonas mineras pueden encontrarse concentraciones entre 0,2 y 1 g/L. La toxicidad del As es compleja, pues depende de la vía de exposición, del estado de valencia y de la forma química (inorgánica u orgánica) del compuesto. El arsénico inorgánico es el responsable de la mayoría de los casos de intoxicación en seres vivos. Debido a sus efectos adversos sobre la salud y a la insuficiente información sobre su remoción del agua, el ECA – PERU mediante el D.S 002 – 2008 – MINAM y el Ministerio de Salud a través de su D.S. 031 – 2010 – SA. Recomiendan que el contenido de arsénico en fuentes de abastecimiento no exceda los 0,01 mg/L<sup>16</sup> y en el caso de agua apta consumo humano no exceda los 0.01 mg/L.

- **Cadmio.**

No es un elemento esencial para la vida del hombre. La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinерías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas. Muchos pigmentos usados para la coloración de plásticos o la formulación de pinturas contienen concentraciones elevadas de cadmio. Este metal pesado es potencialmente tóxico y su ingestión tiene efectos acumulativos en el tejido del hígado y los riñones. En el organismo, algunos iones  $\text{Ca}^{2+}$  de los huesos pueden ser reemplazados por iones  $\text{Cd}^{2+}$ , pues ambos iones tienen el mismo estado de oxidación y casi el mismo tamaño. Esta sustitución puede causar fragilidad en los huesos y susceptibilidad a las fracturas. La ingestión de agua y alimentos que contengan el metal representa de 5 a 10% del total de cadmio absorbido en el



organismo. Estas concentraciones dependen de la ingestión de proteínas y de la presencia de vitamina D; incluso, se relaciona con la concentración en el organismo de algunos elementos, como Zn, Se y Ca, con los cuales compite el cadmio. El cadmio también reduce los niveles de hierro hepático. La vida media del cadmio en el organismo es muy larga y se calcula entre 10 y 30 años, periodo en el cual permanece almacenado en varios órganos, en particular el hígado y los riñones. Se ha encontrado que los procesos de coagulación remueven el cadmio, pero una variable importante es el pH. Al usar sales de aluminio y regular el pH, es posible la remoción de 90% de cadmio en aguas turbias. El sulfato de hierro puede remover 90% de cadmio a pH 7,5. El proceso de ablandamiento cal-soda puede tener una efectividad cercana al 100%, debido a que se lleva a cabo a pH alto. La EPA recomienda como margen de seguridad un límite máximo permisible de 0,005 mg/L para aguas de consumo humano. Los valores guía dados por la OMS y el Canadá son 0,003 mg/L y 0,005 mg/L, respectivamente. Sin embargo, dado el poder bio acumulativo del cadmio, se recomienda que la concentración en el agua tratada sea la menor posible <sup>16</sup>.

- **Cobre.**

Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud. Se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. La deficiencia de cobre ha sido asociada con la anemia nutricional de los niños. Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales. La presencia del cobre en el agua está relacionada principalmente con la corrosión de las cañerías en la vivienda, la erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera, entre otros. En algunos sistemas se aplica sulfato de cobre en dosis controladas como mecanismo para combatir las algas en el agua. Las dosis van de 0,1 a 2 mg/L. En concentraciones altas, el cobre puede favorecer la corrosión del aluminio y el cinc y cambiar el sabor del agua <sup>16</sup>.

- **Hierro.**

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades

comúnmente encontradas en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua. Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe II) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso:  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . En contacto con el oxígeno disuelto en el agua, las sales ferrosas se convierten en férricas por oxidación y se precipitan en forma de hidróxido férrico. Esta precipitación es inmediata con un pH superior a 7,5. La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L, que es la concentración recomendada para el agua de consumo. Sin embargo, es posible que haya problemas si el hierro está presente en complejos orgánicos inestables <sup>17</sup>.

- **Manganeso.**

El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro. Comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn (II), y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles. En concentraciones mayores a 0,15 mg/L, las sales disueltas de manganeso pueden impartir un sabor desagradable al agua. La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado. Esta acción es similar en el hierro. Por lo general, en el agua es más difícil de controlar el manganeso que el hierro. Su remoción se realiza formando sales insolubles, para lo cual, en muchos casos, es necesario el uso de oxidantes y un pH alto <sup>17</sup>.

- **Mercurio.**

Se considera al mercurio un contaminante no deseable del agua. El mercurio es un metal pesado muy tóxico para el hombre en las formas aguda y crónica. En el tracto intestinal las sales de mercurio son menos solubles que las mercúricas y, por lo tanto, son menos nocivas. Se considera que dosis de 20 y 50 mg/L en la forma mercúrica son fatales. En el agua, el Hg se encuentra principalmente en

forma inorgánica, que puede pasar a compuestos orgánicos por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos. De estos, puede trasladarse al plancton, a las algas y, sucesivamente, a los organismos de niveles tróficos superiores como los peces, las aves rapaces e incluso al hombre <sup>15</sup>.

- **Plomo.**

Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico. El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es causa de la enfermedad denominada *saturnismo*. Es un elemento con gran capacidad de bioacumulación; afecta prácticamente a todos los órganos, tanto de los seres humanos como de los animales. Los sistemas más sensibles a este metal son el nervioso (especialmente, en los niños), el hematopoyético y el cardiovascular. En instalaciones antiguas, la mayor fuente de plomo en el agua de bebida proviene de las tuberías de abastecimiento y de las uniones de plomo. Si el agua es ácida, puede liberar gran cantidad de plomo de las tuberías, principalmente en aquellas en las que el líquido permanece estancado por largo tiempo. Aun en el agua estancada por corto tiempo en una tubería de cobre-plomo, la concentración de este último metal puede llegar a hasta 100 µg Pb/L. La remoción del plomo presente en el agua en los procesos convencionales de floculación o ablandamiento con cal se realiza formando hidróxidos y carbonatos de plomo insolubles. Mediante este método es posible llegar a una eficiencia de 98%. La coagulación con aluminio con un pH de 6,5 a 7 puede lograr una remoción de 60 a 80%. Con pH mayores de 9,5 la eficiencia de remoción sube a 90%. Cuando las aguas crudas de baja turbiedad contienen una alta concentración de plomo, el sulfato férrico puede ser más efectivo para su remoción <sup>15</sup>.

- **Zinc.**

Las aguas naturales pueden contener cinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce. El zinc es un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, ya que muchas enzimas dependen de él para la descomposición del ácido carbónico y de la insulina, hormona esencial en el metabolismo de los hidratos de carbono. La salubridad del cinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad. Diferentes estudios han

demostrado que el zinc no tiene efectos sobre la salud en concentraciones tan altas como 40 mg/L, pero que tiene un marcado efecto sobre el sabor; por ello su contenido debe limitarse.

Por ser un elemento anfótero, el cinc puede estar en sus formas solubles tanto con pH ácido como alcalino. Debido a esto, su remoción es difícil, aunque hay poca información al respecto <sup>15</sup>.

### 2.2.10. Características Microbiológicas.

Los agentes patógenos y los organismos productores de toxinas que pueden estar presentes en aguas superficiales y cuya transmisión hídrica está demostrada pertenecen a los siguientes grupos:

Tabla 2. Agentes patógenos y organismos productores de toxinas en aguas superficiales

<b>Bacterias</b>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shiguela</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> .
<b>Virus</b>	<i>Enterovirus</i> , <i>Rotavirus</i> , <i>Adenovirus</i> .
<b>Protozoos</b>	<i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Entamoeba histolytica</i> , <i>Balantidium coli</i> .
<b>Helmintos</b>	<i>Áscaris</i> , <i>Trichuris</i> , <i>Taenia</i> .
<b>Cianobacterias</b>	<i>Anabaena</i> , <i>Microcystis</i> .

Fuente:[Apella<sup>18</sup>]

La evaluación de la calidad microbiológica del agua de abastecimiento humano se efectúa mediante la determinación de indicadores. Los que comúnmente se utilizan son los coliformes totales, los coliformes termotolerantes (fecales), la *Escherichia coli* y las bacterias heterotróficas mesófilas aerobias viables, **Ango**<sup>19</sup>.

- **Grupo coliforme.**

Los coliformes son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprofitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen intestinal. Los coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación. Este grupo de microorganismos pertenece a la familia de las enterobacteriáceas. Se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37°C en un lapso de 24-48 horas y producir ácido y gas. Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia* <sup>18</sup>.

- **Coliformes totales.**

Los coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35°C en 24 a 48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B

galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG (Orto-nitrofenil-β-d-galactopiranosido). Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo. La reacción se detecta por medio de la técnica de sustrato definido. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana <sup>19</sup>.

- **Coliformes termotolerantes (fecales).**

Se denomina coliformes termotolerantes a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal. Por este motivo, antes recibían la denominación de coliformes fecales; estos coliformes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos. Los coliformes termotolerantes crecen a una temperatura de incubación de 44,5°C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes. Se miden por pruebas sencillas, de bajo costo y ampliamente usadas en los programas de vigilancia de la calidad del agua. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana; actualmente el mercado ofrece otras técnicas más avanzadas, pero el empleo de las técnicas tradicionales está aprobado por los estándares internacionales <sup>19</sup>.

- **Bacterias mesófilas heterotróficas viables.**

Es un indicador simple cuantitativo que estima la densidad de bacterias viables, heterótroficas, aerobias y anaerobias facultativas en el agua capaz de desarrollarse en condiciones de nutrición, temperatura y tiempo de incubación a 35°C por 48 horas. A esta temperatura de incubación se consigue un desarrollo homogéneo de la microbiota bacteriana que existe en aquellos momentos. Un recuento total elevado debe alterar al profesional de una presencia de contaminación bacteriana extraña al ecosistema; de la misma forma un recuento bajo o inferior a 100 por ml. indicaría agua de buena calidad. Este parámetro permite evaluar la condición higiénica del agua a que densidades elevadas de microorganismos en el agua puede derivar en: deterioro de la calidad del agua, producción de olor, sabor desagradable, formación de limo o película, interferencias en detección de coliformes, **Chuchon**<sup>20</sup>.

### **2.2.11. Características biológicas de las aguas superficiales.**

- **Organismos propios de las aguas superficiales.**

En las aguas superficiales se encuentra una amplia gama de organismos no perceptibles a simple vista. En condiciones normales, estos organismos permiten

el desarrollo de los ciclos biológicos y químicos en el cuerpo de agua y no son necesariamente nocivos para la salud o para el tratamiento del agua. Los organismos propios de las aguas superficiales están en permanente actividad y ninguno vive aislado. Su existencia depende del medio que los rodea. Se entiende por medio tanto el ambiente físico como los organismos con los cuales se convive. Todos forman parte de un ecosistema. Un ecosistema es una unidad ecológica cuyos componentes básicos, fisicoquímicos y biológicos, operan juntos para producir una estabilidad funcional <sup>18</sup>.

La supervivencia de los microorganismos propios de las aguas superficiales está ligada a la presencia de ciertos factores tales como temperatura, horas luz e intensidad luz, gas carbónico, nutrientes, minerales, entre otros, y precisamente la contaminación del agua altera dichos factores debido a la introducción de sustancias extrañas al ecosistema. En un ecosistema acuático, la luz solar regula la fotosíntesis y los organismos que tienen clorofila, como las algas, acumulan energía que utilizan para su sostenimiento, crecimiento y reproducción. Este grupo de organismos son los productores primarios, su energía es transmitida a los animales herbívoros, como los Cladóceros, los Copépodos y los Rotíferos, que se alimentan de las algas y por ello se les conoce como consumidores de primer orden. Estos, a su vez, sirven de alimento para los consumidores de los órdenes sucesivos. De este modo, se forma una red alimenticia cuya diversidad aumenta con la organización y complejidad del ecosistema, **Aurazo**<sup>21</sup>.

En las aguas superficiales existe un grupo de organismos que actúan en los procesos de biodegradación. Este grupo está conformado principalmente por bacterias y hongos. Estos organismos transforman la materia orgánica muerta en compuestos inorgánicos simples. La biodegradación de la materia orgánica favorece la autodepuración de las aguas, que se produce cuando la materia está constituida por sustancias que pueden ser biodegradadas por los microorganismos responsables de esta actividad biológica <sup>21</sup>.

Los organismos que en forma normal se encuentran en las aguas superficiales son los siguientes:

- **Algas.**

Constituyen un grupo diverso de microorganismos eucarióticos que contienen clorofila y llevan a cabo la fotosíntesis oxigénica. No deben confundirse con las cianobacterias, que también producen oxígeno en la fotosíntesis pero que son

bacteria y por lo tanto, evolutivamente diferente a la algas. Aunque la mayoría de las algas son de tamaño microscópico y, por tanto, son microorganismos algunas son macroscópicas e incluso pueden llegar a medir 30 metros de longitud, como ocurre con las laminarias. En las aguas superficiales existe una diversidad de algas: flotantes, epifitas, litorales y bentónicas. Su reproducción guarda estrecha relación con la naturaleza de los distintos hábitats, caracterizados a su vez por diferentes factores ecológicos como la luz, la temperatura, los nutrientes como los nitratos y los fosfatos, el oxígeno, el anhídrido carbónico y las sales minerales, **Brock, Madigan**<sup>22</sup>.

- **Bacterias.**

Son seres de organización simple, unicelulares. Se distribuyen en una amplia variedad de sustratos orgánicos (suelo, agua, polvo atmosférico). La mayor parte de bacterias son beneficiosas para el ecosistema acuático. De ellas depende la mayor parte de las transformaciones orgánicas. Favorecen la autodepuración de los cuerpos de agua. Existe otro grupo de bacterias que son patógenas y que pueden causar enfermedades graves en el hombre y en los animales <sup>22</sup>.

- **Protozoarios.**

Son organismos unicelulares, con una amplia distribución en los cuerpos acuáticos. La mayor parte de los protozoarios son beneficiosos, pues contribuyen a preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Su incremento anormal puede ocasionar alteraciones en el ecosistema acuático; otro grupo de protozoarios son parásitos y pueden causar enfermedades en el hombre y en los animales <sup>22</sup>.

- **Rotíferos, copépodos y otros crustáceos.**

Conforman los grupos predominantes del zooplancton de aguas superficiales y, al igual que los protozoarios, participan en la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos. El incremento anormal del zooplancton causa un desequilibrio en el sistema y trae consecuencias negativas como la disminución del oxígeno disuelto, alteraciones en el pH, en el olor y el color del agua, entre otras.

- **Insectos.**

El agua constituye el hábitat de diversos insectos acuáticos que desarrollan su ciclo evolutivo en los diferentes estratos de la columna de agua. Otro grupo de insectos solo desarrolla parte de su ciclo evolutivo en el agua, y en sus estadios larvarios y como huevos conforman el zooplancton en forma temporal.

- **Enteroparásitos**

Las aguas superficiales están expuestas a un sin número de factores que posibilitan la contaminación con enteroparásitos. En primer lugar, se presenta la falta de protección de las fuentes de agua. En muchos casos, los cursos de agua se convierten en cuerpos receptores de desagües evacuados de las ciudades, pueblos y caseríos; también reciben efluentes de camales y granjas. En las zonas rurales, donde es común que las personas defequen a campo abierto, las escorrentías arrastran las heces de humanos y animales y las incorporan a los cursos de agua. Además, es común observar letrinas mal diseñadas donde los residuos fecales son vertidos a las acequias que, a su vez, desembocan en los cursos de agua. Asimismo, en los ríos, lagos y lagunas habitan innumerables animales silvestres que son reservorios de entero parásitos. El problema del entero parasitismo en los países desarrollados está relacionado principalmente con la transmisión de protozoarios patógenos como *Giardia* y *Cryptosporidium* y en los países en vías de desarrollo, la población está parasitada con helmintos o gusanos como *Ascaris*, *Trichuris*, *Uncinarias*, *Strongyloides*; tenias como *T. Solium*, *T. Saginata*, *Hymenolepis nana* y protozoarios como *Giardia*, *Cryptosporidium* y *Entamoeba histolytica*, entre otros. El enteroparasitismo es una dolencia que contribuye a elevar el índice de desnutrición infantil y produce alteraciones en el crecimiento, interferencias con la absorción de nutrientes, cuadros de anemia y de ulceración de la mucosa intestinal, incremento de casos de alergias, pérdida de energía y letargo, lo que disminuye la capacidad de trabajo y la productividad y, en general, produce un deterioro de la calidad de vida en la población. El mecanismo de transmisión de los enteroparásitos es la ingestión de agua o alimentos contaminados, principalmente de productos agrícolas de consumo crudo. Algunas especies también se transmiten a través de la piel o de persona a persona. La transmisión de las enfermedades enteroparasitarias depende de factores ambientales, ecológicos y socioculturales. Se requiere una fuente de infección, la dispersión de los huevos y quistes en el ambiente, la ocurrencia de condiciones ambientales que favorezcan su supervivencia y la presencia de huéspedes susceptibles, EPA<sup>23</sup>.

#### **2.2.12. Enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada**

El agua, el saneamiento y la higiene tienen consecuencias importantes sobre la salud y la enfermedad. Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas



presentes en el agua potable; enfermedades como la esquistosomiasis, que tiene parte de su ciclo de vida en el agua; la malaria, cuyos vectores están relacionados con el agua; el ahogamiento y otros daños, y enfermedades como la legionelosis transmitida por aerosoles que contienen microorganismos.

La transmisión de agentes patógenos por el agua de consumo es sólo uno de los vehículos de contagio por la vía fecal-oral. Pueden ser también vehículo de transmisión los alimentos contaminados, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. Para reducir la transmisión de enfermedades por la vía fecal-oral es importante mejorar la calidad del agua y su disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene general<sup>23</sup>.

Tabla 3. Algunos organismos y enfermedades relacionadas con el agua contaminada.

<b>Organismos enfermedades</b>	<b>Enfermedades</b>
<i>Salmonella</i>	Fiebre tifoidea y paratifoidea
<i>Vibrio Cholerae</i>	Cólera
<i>Shiguella</i>	Disentería bacilar, Shigelosis
<i>Escherichia coli</i>	Enterocolitis
Campylobacter	Diarreicas
Yersinia	Diarreicas
Enterovirus	Diarreicas
Virus de la Hepatitis A	Hepatitis A
Rotavirus	Enfermedades diarreicas infantiles
Virus de la poliomielitis	Poliomielitis
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentería amebiana
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiosis
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiosis
<i>Balantidium coli</i>	Balantidiosis
<i>Echinococcus Granulosus</i>	Hidatidosis
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariosis
<i>Trichuris trichiura</i>	Trichurosis
<i>Hymenolepis nana</i>	Teniasis
<i>Taenia solium</i>	Teniasis

Fuente: [23]

Tabla 4. Algunos elementos químicos presentes en agua contaminada para consumo humano y sus efectos en la salud.

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>EFEECTO</b>
<b>Plomo</b>	Es un veneno acumulativo, el plomo se halla presente en aguas contaminadas con relaves de minas, así como en aguas residuales provenientes de laboratorios e industrias, tuberías de plomo deterioran el agua en concentraciones dañan el organismo y producen envenenamiento llamado saturnismo.
<b>Arsenico,Mercurio, Cianuro, Cadmio</b>	Son contaminantes tóxicos sumamente peligrosos, teniendo en su mayoría efectos mortales, cuando la concentración es mayor alto estipulado en el reglamento oficial para aguas de consumo humano.
<b>Flúor, Cloro, Bromo, Yodo</b>	Son agentes oxidantes, por su acción tóxica, son usados para eliminar la acción nociva de microorganismos presentes en el agua. En concentraciones mayores al reglamento oficial, intoxica a las personas.

Fuente: [MINSA<sup>24</sup>]

### **2.2.13. Normatividad**

#### **Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA-PERÚ)**

Aprobado mediante D.S. N° 002-2008-MINAM, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición cuerpo receptor y componentes básico de cuerpos acuáticos, que no representa riesgo significativo para salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

#### **Reglamento de la calidad del agua para consumo humano**

Aprobado mediante D.S. N° 031-2010-SA, este nuevo reglamento, a través de sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no solo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los gobiernos regionales, respecto a la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano; además de fortalecer a la DIGESA, en el posicionamiento como Autoridad Sanitaria frente a estos temas.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Lugar de estudio.**

El presente trabajo de investigación, se realizó en el distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas departamento de Apurímac, durante los meses de mayo a octubre de 2012 , en las instalaciones de los Laboratorios de Control de Calidad de DIGESA – Andahuaylas, la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ayacucho – EPSASA, el laboratorio de Microbiología Ambiental de la UNSCH, en el laboratorio de Certimin Perú y en el laboratorio de ENVIROLAB, el primero situado en la Ciudad de Andahuaylas, los dos siguientes en la ciudad de Ayacucho y los dos últimos en la ciudad de Lima.

#### **3.2. Metodología.**

##### **3.2.1. Muestra.**

- Aguas provenientes de las cinco fuentes del Distrito de Talavera (Curibamba, Choccepuquio, Pachapuquio, Isopuquio 1 y Carmen y Sallar). Las cuales fueron tomadas desde el mismo punto donde emergen, a las cuales se les evaluó once parámetros entre fisicoquímicos y biológicos, Aguas provenientes de las viviendas más lejanas a los reservorios abastecedores a las cuales se les evaluó ocho parámetros entre fisicoquímicos y biológicos, Aguas provenientes de las cinco fuentes del Distrito de Talavera (Curibamba, Choccepuquio, Pachapuquio, Isopiquio 1 y Carmen y Sallar), las cuales fueron tomadas desde el mismo punto donde emergen, estas fueron enviadas a la ciudad de Lima para el análisis de Metales Pesados, se consideraron nueve metales pesados de importancia y mayor frecuencia.

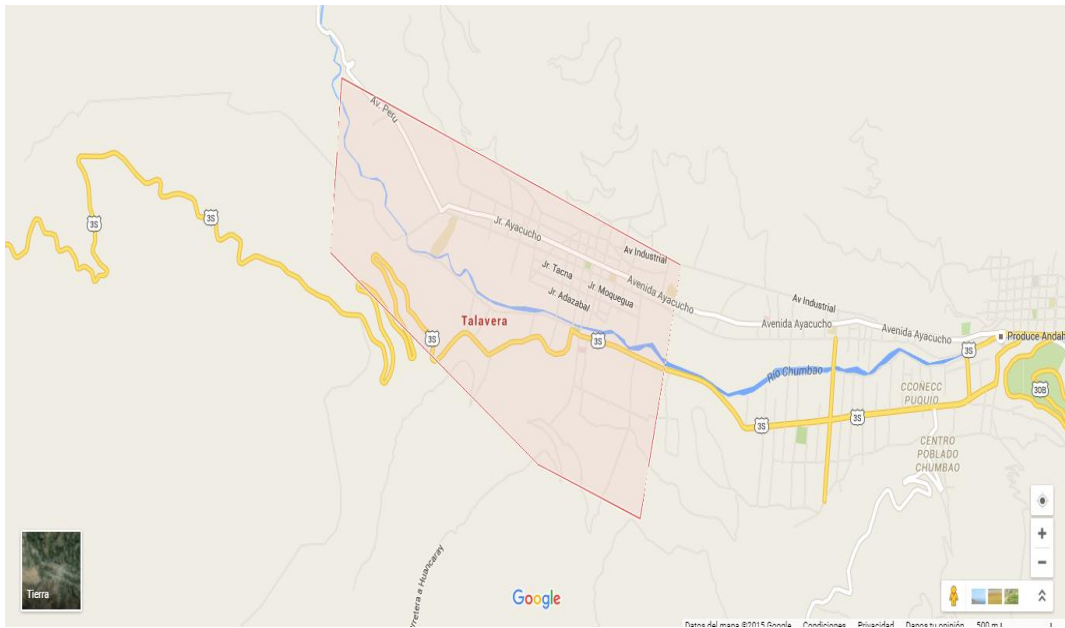


Figura 1. Mapa catastral del distrito de Talavera-Andahuaylas-Apurímac.

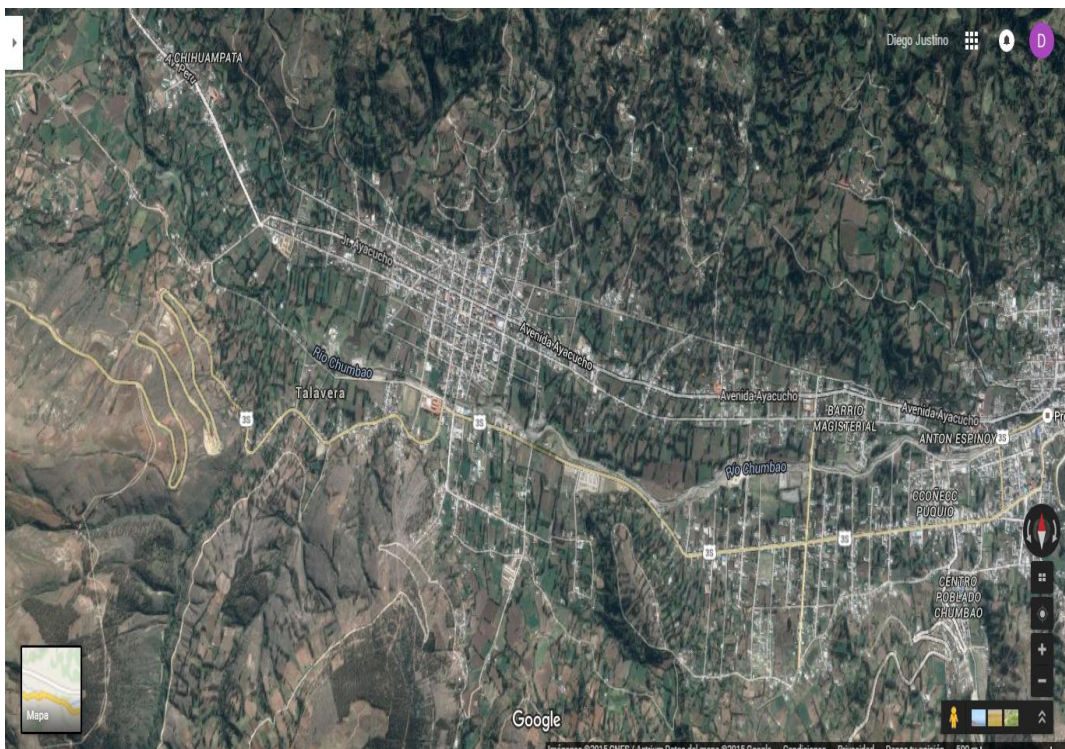


Figura 2. Imagen Satelital del Distrito de Talavera

### 3.2.2. Periodicidad de los muestreos.

Se procedió a la toma de muestras durante ciento ochenta y cuatro días calendarios, en el periodo comprendido entre mayo y octubre de 2012, en dicho periodo se muestreó cada quince días, tomándose el 01 y 15 (relativo) día de cada mes, llegando a doce muestras por cada fuente de abastecimiento que

hacen un total de sesenta muestras por todo el estudio. Cabe mencionar que en el caso de las muestras tomadas en las viviendas más alejadas que son abastecidas por cuatro reservorios, se realizó también doce muestreos, lo que hace un total de cuarenta y ocho muestras, en el caso de los metales pesados solo se tomó en cuenta una muestra por cada manante que se realizó al finalizar el estudio lo que hacen un total de 05 muestras más.

El número de muestras de agua que fueron analizadas en el laboratorio fue un total de ciento trece procedentes de trece muestreos.

### **3.2.3. Técnica de muestreo, Franson<sup>25</sup>.**

Para evitar posible contaminación de las muestras de agua en el proceso de obtención de la muestra se tuvo las precauciones descritas.

- Todas las muestras de agua destinadas para la determinación de los parámetros de campo: pH, conductividad eléctrica, temperatura, dureza, sólidos totales disueltos, color se recogió en frascos de vidrio de 0,5 – 1,0 L. de capacidad con tapa rosca, previamente lavados con agua destilada. Para la toma de muestras se realizó dos enjuagues previos con el agua de la fuente, después se muestreo el agua del manante a unos 30 cm de profundidad.
- Las muestras de agua destinadas al análisis de metales se recogieron en botellas de polietileno de un litro de capacidad y de un sólo uso, se tomó muestra en cada punto señalado, cada botella se enjuago dos veces con el agua de la fuente antes de tomar la muestra definitiva de agua a unos 30 cm de profundidad.
- A cada muestra de agua destinada al análisis de metales pesados se añadió 1,5 ml de ácido nítrico al 65% para conservar las muestras, se transportaron al laboratorio el mismo día del muestreo a temperatura ambiente y se analizaron en los siguientes cinco días tras la toma en el laboratorio de Medio Ambiente Certimin S.A.C. y ENVIROLAB ubicados en la ciudad de Lima.
- La toma de muestra para los parámetros microbiológicos fue en una botella color caramelo previamente esterilizada de 500ml de capacidad, se muestreó a 30cm de profundidad.
- La toma de la muestra para el análisis del agua proveniente de los grifos de las viviendas más alejadas se realizó, al azar, teniendo en cuenta a que fuente de agua y reservorio pertenece su abastecimiento; se dejó abierto el grifo durante unos segundos y se tomó 10ml de agua en un tubo de ensayo,

se agregó una pastilla de reactivo DPD para la prueba de cloro residual, luego de esto se procedió a tomar la muestra en una botella estéril de color caramelo, se rotulo y se trasladó al laboratorio para su respectivo análisis.

- En el caso de las muestras tomadas para el análisis biológico y parasitológico, en las viviendas, se colecto 20 litros de agua de cada fuente de abastecimiento y vivienda.

#### **3.2.4. Procedimientos.**

- Los parámetros tomados en cuenta para la muestra de las 05 fuentes de abastecimiento fueron: coliformes totales, coliformes fecales, bacterias mesófilas heterótrofas viables, pH, turbidez, conductividad, color, solidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza, nitratos, parasitológico y biológico. todos estos parámetros fueron considerados de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM.
- Los parámetros tomados en cuenta para la muestra en los grifos de las viviendas más alejadas a los reservorios abastecedores fueron: coliformes totales, coliformes fecales, pH, turbidez, cloro residual, parámetros parasitológicos y biológicos siempre considerando las recomendaciones del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031 – 2010 – SA.
- Los parámetros tomados en cuenta para la muestra de metales pesados, para las fuentes de abastecimiento fueron: Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Plomo, Cadmio, Arsénico, Mercurio y Zinc tomando en cuenta las recomendaciones de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM

A continuación se detallan los procedimientos realizados en el presente trabajo de investigación.

Los parámetros realizados con equipos de autoevaluación fueron: cloro residual con el Clorímetro Hanna Free&TotalChlorine Hi-93711, conductividad con el Conductímetro Digital 470 Portable JENWAY, pH con el Potenciómetro Orion3Star, solidos totales disueltos con el Conductímetro Digital 470 Portable JENWAY, turbidez con el Turbidímetro Hanna Hi-93703 y color con el Comparador de color modelo CO-1 de HACH.

Los parámetros realizados con el kit de evaluación FF-2 HACH, fueron: determinación de cloruros y determinación de dureza.

#### 3.2.4.1. Determinación de Nitratos.

La determinación de los nitratos se realizó por el método espectrofotométrico ultravioleta selectivo. Esta técnica solamente se utiliza para seleccionar muestras con bajo contenido en materia orgánica (aguas naturales incontaminadas y suministros de agua potable).

Técnica.

- Se tomó 50 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer, previamente lavado con ácido clorhídrico y enjuagado con agua destilada.
- Sobre la muestra, se adicionó 1 ml de solución de HCl 1N. y se homogenizo.
- Se dejó reposar por un espacio de 30 minutos.
- Se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 220 a 270 nm <sup>4</sup>.

#### 3.2.4.2. Determinación de sulfatos.

El contenido de sulfato en muestras de agua potable, subterránea y superficiales se determinó mediante el método turbidímetro <sup>25</sup>.

Técnica.

- Se tomó 100 ml de muestra, en el vaso de precipitado.
- Se agregó 20 ml de solución amortiguadora (Ph=2.88).
- Se agitó por 1 minuto, en el agitador magnético.
- Se dejó reposar durante 1 – 5 minutos, luego se tomó 10 ml aproximadamente de éste reposado, en la celda del turbidímetro.
- Se determinó la turbidez inicial ( $T_o$ ) en el turbidímetro.
- Se devolvió la muestra leída al vaso que contiene la muestra inicial.
- Se agregará una pizca (0.2 g aprox.) de  $BaCl_2$ .
- Nuevamente se agitará durante 1 minuto, en el agitador magnético.
- Finalmente se leyó la turbidez final ( $T_f$ ).

La concentración de sulfatos se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Sulfato (mg/l)} = 0.2789*(T_f - T_o) - 0.4407$$

#### 3.2.4.3. Determinación de coliformes totales y fecales.

Técnica del Numero Más Probable (NMP)<sup>20</sup>.

Técnica:

- Se identificó la muestra a ser analizada y se definió los volúmenes de la misma a ser inoculados, en función de su procedencia, realizar diluciones sucesivas.
- La selección del rango de muestras vario según la carga del contaminante.

- Con una pipeta estéril de 10ml y teniendo en cuenta los cuidados de asepsia, se transfirió 10ml de la muestra a un frasco conteniendo 90ml de agua de dilución estéril, así se tuvo preparada la primera dilución ( $10^{-1}$ ) siendo que 1ml de la misma corresponde a 0.1ml de la muestra.
- Se homogenizo el frasco que contiene la primera dilución ( $10^{-1}$ ) y con una pipeta nueva esterilizada, se transfirió 10ml a otro frasco que contenía 90ml de agua de dilución estéril, consiguiéndose así, la segunda dilución decimal ( $10^{-2}$ ), siendo que 1ml de la misma corresponde a 0.01ml de la muestra.
- Se procedió de la misma forma la secuencia de diluciones deseadas.

#### **Prueba presuntiva.**

- Se sembró 1ml de cada una de las diluciones seleccionadas en 10ml de caldo lauril sulfato triptosa, cada dilución se debió sembrar con cinco repeticiones.
- Se llevó a incubar a  $32 \pm 2$  °C durante 24 a 48 horas.
- Se realizó la primera lectura de la prueba transcurrido las 24 horas; la producción de gas en los tubos de fermentación se tomó como resultado positivo. Los tubos negativos se incubaron por 24 horas adicionales.

#### **Prueba confirmativa para coliformes totales.**

- Se eligió tres series de diluciones consecutivas que incluya la serie que tenga el mayor número de positivos y las series de las dos diluciones subsiguientes.
- Se confirmó en caldo lactosado verde brillante bilis (CLVBB) 2%, se sembró un inóculo de cada tubo positivo de las tres series seleccionadas, en igual número de tubos con CLVBB, la inoculación se realizó con un asa de Kolle.
- Se incubó a  $35 \pm 2$  °C durante 24 horas.
- Se realizó la primera lectura, tomando como positivos los tubos en los cuales se observe la producción de gas. Los tubos negativos se incubaron por 24 horas adicionales.
- Se anotó el número de tubos confirmados como positivos. Leer en la tabla de NMP.

#### **Prueba confirmativa para coliformes fecales.**

- Se seleccionó tres series de tubos positivos de la prueba presuntiva (caldo lauryl sulfato tryptosa) siguiendo el mismo criterio de selección que se usó para la prueba confirmativa de coliformes totales.
- Se confirmó con caldo EC, Medio para *Escherichia coli*, se sembró un inóculo de cada tubo positivo de las tres series seleccionadas, en igual número de tubos de Medio EC.



- Se incubó en baño maría a  $44.5 \pm 0.2$  °C durante 24 horas.
- Se realizó la lectura considerando como positivos los tubos en los cuales se observó la producción de gas.
- Se anotó el número de tubos positivos y se comparó con la tabla de NMP.

#### **3.2.4.4. Numeración de bacterias mesófilas heterotróficas viables.**

Técnica de Recuento en Placa<sup>20</sup>.

- En exámenes de aguas residuales o aguas naturales muy turbias no se debe medir directamente 0.1ml de la muestra original al medio de cultivo, sino, que debe realizarse diluciones sucesivas usando como diluyente agua peptonada y la siembra se realizó, por incorporación, en placas Petri y agar plate count como medio de cultivo, por duplicado cada dilución.
- Se agitó vigorosamente el frasco de muestra por  $\pm 25$  veces.
- A continuación se colocó con una pipeta estéril 1ml de la muestra o dilución en una placa Petri levantando la tapa lo estrictamente indispensable.
- Se agregó el plate count agar (agar estándar para recuento de colonias) fundido a una temperatura de 45° C.
- El medio y la muestra contenidos en la placa Petri se mezclaron perfectamente y se distribuyeron de modo uniforme en el fondo de la placa con movimientos rotatorios en forma de ocho para después se dejó en reposo por veinte minutos.
- Una vez alcanzado el punto de solidificación se incubo por  $48 \pm 2$  horas a 35°C en forma invertida.

El recuento se realizó con un equipo adecuado como el contador de colonias o estereoscopio. Solo se tomó en consideración aquellas placas que presenten entre 30 y 300 colonias.

#### **3.2.4.5. Determinación de metales pesados.**

Los Metales pesados tomados en cuenta para el presente estudio fueron: Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Plomo, Cadmio, Arsénico y Zinc, que fueron analizados en el laboratorio CERTIMIN S.A con el método EPA. Method 200.7. Revision 4.4. Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic. Emission Spectrometry, y en el caso del mercurio fue analizado en el laboratorio ENVIROLAB PERÚ S.A.C con el método validado de determinación de mercurio en agua por espectrometría de fluorescencia atómica por vapor frío. (EPA METHOD 245.7).

### 3.2.4.6. Análisis parasitológico de las aguas de las fuentes de abastecimiento y de las viviendas más lejanas a los reservorios.

Para la presente evaluación se procedió de dos maneras

#### a) Procedimiento para aguas muestreadas en las 05 fuentes de abastecimiento.

- Se muestreo veinte litros de agua a una profundidad de 30cm.
- Se dejó reposar alrededor de 24-48 horas.
- Se eliminó el sobrenadante con una manguera transparente.
- Se colecto el precipitado o residuo y se homogenizó.
- Con una pipeta Pasteur se dispuso una gota en una lámina porta objetos y se procedió a realizar la observación al microscopio con un aumento de 40X.
- Se anotaron y fotografiaron los organismos encontrados.

#### b) Procedimientos para aguas muestreadas en las viviendas más lejanas.

- En un recipiente de boca ancha se dispuso un embudo como tapa el cual contenía bolas de algodón estéril.
- Se dejó chorrear el agua hacia el embudo con bolas de algodón, durante 60min.
- Los algodones empapados se dispusieron en otro recipiente con cierre hermético y se dejaron en reposo durante 24 horas.
- Se tomaron muestras con una pipeta Pasteur y se dispusieron en una lámina porta objetos.
- Se observó al microscopio con un aumento de 40X.

### 3.3. Análisis estadístico.

Se realizó el análisis estadístico de promedio y desviación estándar, se utilizó la prueba de "t" de Student para determinar si existe diferencia significativa. El modelo estadístico utilizado para describir la observación fue.

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

Los componentes del modelo fueron:

$Y_{ij}$  = observaciones (tasa de regeneración).

$\mu$  = media general.

$T_i$  = efecto de los tratamientos

$e_{ij}$  = error asociado a cada observación.

#### **IV. RESULTADOS**



Tabla 5. Promedio y desviación típica de las características fisicoquímicas en las aguas de las fuentes de abastecimiento (Carmen y Sallar, Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio I y Pachapuquio) y aguas de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012.

Características fisicoquímicas	n	Lugar									
		Carmen y Sallar		Ccoñeccpuquio		Curibamba		Isopuquio I		Pachapuquio	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
<b>pH</b>	12	7,0	0,4	6,8	0,4	7,1	0,5	7,3	0,5	7,4	0,3
<b>Turbiedad (UNT)</b>	12	0,4	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	0,1	0,5	0,3
<b>Conductividad (µs/cm)</b>	12	257,0	86,1	290,6	132,0	282,9	133,2	243,5	81,8	425,3	172,5
<b>Color (UCV-pt-Co)</b>	12	6,2	0,9	6,3	0,8	6,5	0,5	6,2	0,7	6,0	0,9
<b>STD (mg/L)</b>	12	131,0	36,7	145,0	66,6	142,1	65,6	122,3	40,1	213,9	84,1
<b>Cloruros (mg/L)</b>	12	4,2	0,7	4,2	0,5	6,4	2,8	3,6	0,6	5,8	2,1
<b>Sulfatos (mg/L)</b>	9	87,9	3,0	68,2	9,5	91,8	3,1	87,4	9,8	254,6	6,9
<b>Dureza (mg/L)</b>	12	286,2	29,7	278,8	43,7	312,4	36,2	317,3	37,7	393,3	87,1
<b>Nitratos (mg NO<sub>3</sub> -/L)</b>	12	3,1	0,2	3,4	0,7	3,6	0,7	3,3	0,5	2,8	0,7

Tabla 6. Promedio y desviación típica de las características físicas y biológicas en las aguas provenientes de los grifos de las viviendas más alejadas de los reservorios (Salinas, Pachapuquio, Collpa y Cuncataca), abastecedores de agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012.

Características fisicoquímicas y microbiológicas	n	Lugar							
		Salinas <sup>1</sup>		Pachapuquio <sup>2</sup>		Collpa <sup>3</sup>		Cuncataca <sup>4</sup>	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
<b>Bacterias Mesófilas Heterótrofas Viables (UFC/ml)</b>	12	324,9	66,8	318,3	79,9	333,8	48,9	341,2	59,3
<b>pH</b>	12	7.0	0.1	7.5	0.2	6.7	0.4	7.0	0.1
<b>Turbiedad (UNT)</b>	12	0.4	0.05	0.6	0.1	0.2	0.03	0.3	0.04
<b>Parasitológico (Presencia)</b>	02	-	-	-	-	-	-	-	-

1.- Reservorio de Salinas el cual es abastecido por la fuente denominada Curibamba.

2.- Reservorio de Pachapuquio el cual es abastecido por la fuente denominada Pachapuquio.

3.- Reservorio de Collpa el cual es abastecido por la fuente denominada Ccoñeccpuquio.

4.- Reservorio de Cuncataca el cual es abastecido por las fuentes denominadas Isopuquio 1 y Carmen y sallar.

Tabla 7. Concentración (mg/L) de metales pesados en aguas provenientes de las fuentes de abastecimiento (Carmen y Sallar, Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio I y Pachapuquio) y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012.

<b>Metal pesado</b>	<b>Carmen y Sallar</b>	<b>Ccoñeccpuquio</b>	<b>Curibamba</b>	<b>Isopuquio 1</b>	<b>Pachapuquio</b>
<b>Manganeso</b>	< 0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>Aluminio</b>	< 0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
<b>Cobre</b>	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003
<b>Plomo</b>	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
<b>Cadmio</b>	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<b>Arsénico</b>	0.014	0.009	< 0.008	< 0.008	< 0.008
<b>Mercurio</b>	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable
<b>Zinc</b>	< 0.005	0.012	0.182	< 0.005	0.017

\* Resultados obtenidos de 01 muestreo realizado a mitad del proceso de realización del presente trabajo de investigación, el método usado fue de EPA. Método 200.7. Revisión 4.4. Determinación de metales y elementos traza en agua y desechos por plasma de acoplamiento inductivo-atómico. Espectrometría de emisión, en el caso del metal Mercurio EPA. Método 245.7 (Validado). Revisión: Febrero 2005. Determinación de Mercurio en agua por Espectrometría de Fluorescencia atómica por vapor frío.

Tabla 8. Resultados de numeración de coliformes fecales y totales y estudio biológico en aguas provenientes de las fuentes de abastecimiento (Carmen y Sallar, Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio I y Pachapuquio) y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas – Apurímac 2012.

<b>Característica</b>	<b>Carmen y Sallar</b>	<b>Ccoñeccpuquio</b>	<b>Curibamba</b>	<b>Isopuquio 1</b>	<b>Pachapuquio</b>
<b>Coliformes Totales</b>	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
<b>Coliformes Fecales</b>	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
<b>Parasitológico (presencia)</b>	-	-	-	-	-

\* Resultados obtenidos de 12 muestreos realizados entre los meses de junio y octubre del 2012, se utilizó la técnica de Numero Más Probable para la lectura de resultados los cuales se registran dentro del rango de < 2.

Tabla 9. Resultados de la numeración de coliformes fecales y totales y cloro residual libre (mg/L) en las aguas provenientes de las viviendas más lejanas de los reservorios (Salinas, Pachapuquio, Collpa y Cuncataca) abastecedores de agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012.

<b>Característica</b>	<b>Salinas</b>	<b>Pachapuquio</b>	<b>Collpa</b>	<b>Cuncataca</b>
<b>Coliformes totales</b>	< 2	< 2	< 2	< 2
<b>Coliformes fecales</b>	< 2	< 2	< 2	< 2
<b>Cloro residual libre</b>	0	0	0	0

\* Resultados obtenidos de 12 muestreos realizados entre los meses de junio y octubre del 2012, se utilizó la técnica de Numero Más Probable para la lectura de resultados los cuales se registran dentro del rango de < 2. En el caso del cloro residual se utilizó un equipo automatizado para la determinación.



## V. DISCUSIÓN

La caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua, constituye una forma de salud preventiva ya que mediante este método se conoce la calidad de agua con la que se cuenta y se puede determinar así, el tratamiento adecuado al cual se someterá a la misma, antes de ser distribuida a la población, de esta manera se evitara posteriores enfermedades intestinales y también degenerativas las cuales son silenciosas y son ocasionadas principalmente por el consumo del agua mal tratada y con características no aptas para el consumo humano.

Se logró caracterizar cinco fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano en el distrito de Talavera, y también aguas provenientes de cuatro reservorios que abastecen a la población del distrito de Talavera, para así poder determinar el estado de las vías de conducción y almacenamiento del agua, donde estadísticamente mediante la prueba “t” – Student, la cual fue realizada para cada parámetro y muestra existente en el presente estudio, haciendo un total de 95 pruebas (anexos), se halló significancia para las aguas de las cinco fuentes de abastecimiento y a agua proveniente de los grifos de las viviendas más alejadas, lo que se interpreta como que los valores que presenta son diferentes (menores) del LMP.

La caracterización del agua para consumo humano se utiliza como alternativa para el mejoramiento de la salud poblacional y evitar así la desnutrición infantil.

Los resultados respecto a la calidad fisicoquímica y biológica del agua de cuatro fuentes de abastecimiento (Choccepuquio, Isopuquio 1, Pachapuquio, Curibamba) que son utilizadas para el consumo humano en el distrito de Talavera presentan características aptas para su consumo a excepción de Carmen y Sallar que posee en sus características excesos en la concentración de Arsénico (0.014mg/l), sus cuatro reservorios contenedores y sus redes de distribución se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Ministerio de Salud, el único problema aparente es la falta de

un sistema de cloración adecuado, se clora el agua pero no se encuentra cloro residual libre, se trabaja con difusores de cloración y solo se realiza la desinfección de los reservorios y redes de distribución.

En Talavera, el porcentaje de la población abastecida de forma constante es del orden del 90%, siendo el número promedio de horas de servicio de agua potable de quince. Esto constituye un factor de riesgo para el deterioro de la calidad del agua en aspectos biológicos, ya que la falta de continuidad obliga a la población a construir almacenes intra domiciliarios que no son suficientemente protegidos y que no reciben limpieza y desinfección periódica<sup>6</sup>.

Cabe destacar que la calidad fisicoquímica y biológica del agua en la fuente de abastecimiento es óptima no encontrando factores predisponentes de contaminación alrededor, ya que las captaciones tomadas en cuenta en el presente estudio están correctamente selladas con concreto armado, poseen un cerco perimétrico y las tapas sanitarias se encuentran en perfecto estado, en los reservorios y redes de distribución domiciliaria podría manifestarse problemas ya que se encuentran tuberías descubiertas y reservorios sin vigilancia permanente; la desinfección de sus reservorios y las redes de distribución se desarrolla cada 15 días ya que sus sistemas no cuentan con sistemas de cloración adecuados lo que nos daría a entender el porqué de la no presencia de coliformes en cada una de las muestras tomadas para los mismos, si no se desarrollaría este proceso de desinfección podríamos llegar a coincidir con lo establecidos por **Torres**<sup>26</sup>, quien demostró que los puntos críticos en el sistema de agua potable son el tratamiento de agua, distribución y almacenamiento en tanques y cisternas de reserva en las viviendas y hospitales que no es controlado por las autoridades sanitarias y no se le da la importancia debida.

En la tabla N° 05 y 06 se observa el Promedio, desviación típica y concentraciones de las características fisicoquímicas y biológicas en las fuentes de abastecimiento para agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012, donde de un total de sesenta muestras de agua analizadas el 100% de estas no supera el límite máximo permisible, establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, dándole un poco más de importancia a las características microbiológicas (coliformes totales y fecales) y también a los estudios parasitológicos y biológicos realizados, ya que por conocimientos adquiridos en las aulas universitarias el proceso de cloración y desinfección no elimina huevos

o quistes de parásitos y tampoco algas, cabe mencionar que se utilizó la técnica de número más probable (NMP) ya que estos dos indicadores determinan la calidad sanitaria del agua, lo que la hace potencialmente peligrosa para la salud humana o no, los valores guía de la organización mundial de la salud (OMS) y las normas técnicas peruanas, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, establecen que el agua destinada para consumo humano no debe contener ninguno de estos dos indicadores; coincidiendo así con los resultados obtenidos después de los análisis realizados. Se podría decir que el agua que llega a los hogares del casco urbano de Talavera es agua entubada (agua sin tratar), proveniente en su totalidad de manantiales, los cuales son captados desde su punto de origen, y si cumplen con los cuidados técnicos necesarios para su captación.

En la tabla N° 08 y 09 se puede observar que en todos los casos las concentraciones de coliformes fecales y totales encontradas mediante la técnica del número más probable en las aguas de las fuentes de abastecimiento y reservorios para el agua de consumo humano en el distrito de Talavera es menor al que figura como límite máximo permisible según las normas técnicas peruanas, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, y la organización mundial de la salud<sup>5</sup>, esto nos da a entender que en el caso de las fuentes de abastecimiento, estas, se encuentran correctamente aisladas de las actividades animales y humanas exteriores y en el caso de los reservorios y las vías de conducción se encuentran también en un estado óptimo, se podría decir, ya que las muestras fueron tomadas en viviendas ubicadas lo más lejos posible de los reservorios, se puede atribuir este resultado al constante proceso de desinfección de los reservorios que la asociación civil de usuarios desarrolla religiosamente cada 15 días.

**Allen**<sup>27</sup> señala que dentro de los coliformes totales (Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Serratia y Escherichia) algunos géneros se encuentran en grandes cantidades en el agua, tierra y vegetales y no están asociados necesariamente a una contaminación de origen fecal, pero enfatiza que estas bacterias no deberían hallarse en los sistemas de abastecimiento de agua, y si ocurriese lo contrario, ello nos indicaría que el tratamiento del agua es deficiente o no existe; por otro lado **Aurazo**<sup>28</sup> denomina como coliformes termotolerantes a ciertos miembros del grupo coliformes totales como son el género Escherichia y ocasionalmente Klebsiella, las que se encuentran naturalmente en el sistema

digestivo de los animales homeotérmicos incluido el hombre, y que están estrechamente relacionados con la contaminación de origen fecal y por consiguiente con la transmisión de agentes patógenos por el agua.

Los manantiales de los cuales se obtiene el agua para consumo humano en el distrito de Talavera, poseen en su punto de origen características adecuadas demostrando además que en el recorrido hasta los reservorios no hay puntos de contaminación, y los reservorios se encuentran debidamente aislados de factores contaminantes.

En la tabla N° 06 se observa el número de bacterias heterotróficas mesófilas viables (BHMV) hallados en las muestras de agua de consumo humano de los reservorios, las muestras fueron tomadas en las viviendas más alejadas a los mismos en el distrito de Talavera durante los meses de mayo a octubre del 2012, donde de un total de cuarenta y ocho muestras de agua analizadas el 100% de ellas se encuentra dentro del LMP, cuantificándose dentro de un rango de 136 a 453 UFC/mL de colonias de BHMV por mililitro de muestra. Para ser considerada agua destinada para consumo humano, los valores guía de la organización mundial de la salud (OMS) y las normas técnicas peruanas, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, establecen un límite máximo permisible (LMP) de 500 UFC/mL para ser considerada agua destinada para consumo humano, estos resultados muestran el adecuado aislamiento de la fuente de abastecimiento, mantenimiento y desinfección de las vías de conducción y almacenamiento que poseen estos sistemas de agua potable.

En un estudio realizado en Guatavita, Colombia por **Ávila**<sup>29</sup>, analizaron la calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural, donde se concluyó que el agua de consumo humano de la zona urbana cumplió con los parámetros establecidos por el Ministerio de Protección Social, contrario a la zona rural, donde se encontraron recuentos de los indicadores de contaminación fecal entre 55 y 157 UFC/100 mL, superiores a lo establecido, ninguna de las muestras evaluadas en la zona rural es apta para el consumo humano. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta agua no ha sido sometida a ningún tratamiento de potabilización, por lo que se considera agua natural o cruda, por lo que debe ser destinada para potabilización bajo un tratamiento convencional. Los resultados obtenidos en este trabajo contrastan enormemente con los reportados por **Méjico**<sup>30</sup>, quien al efectuar el análisis del agua de consumo

humano en la comunidad de Uchuypampa (Ayacucho), concluye que en el 100% de muestras analizadas hay presencia de coliformes totales y fecales reportando que después del proceso de tratamiento del agua proveniente de las fuentes de captación de Uchukpiquio, Arparumi, Millpu y Canal lateral Río Cachi, los coliformes totales y fecales se reducen de 171 NMP/100mL hasta <2 NMP/100mL, lo que indica que la comunidad de Uchuypampa consume agua con presencia de contaminación microbiológica.

La Dirección Salud Ambiental Apurímac II ente representativa del Ministerio de Salud, realiza los trabajos de vigilancia y monitoreo sobre la calidad de agua de consumo humano en el distrito de Talavera como parte de sus lineamientos de trabajo y de acuerdo a las normativas sanitarias de salud pública, en el informe del 2011 reporta los siguientes resultados: del total de la población que enmarca el presente proyecto de investigación casco urbanos del distrito de Talavera, el 95 % cuenta con el servicio de agua en su vivienda y es el mismo porcentaje de viviendas que tienen agua segura.

En la tabla N° 05 se muestran los promedios y desviación típica de las características fisicoquímicas en las fuentes de abastecimiento y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas - Apurímac 2012, determinados en muestras de agua provenientes de las fuentes de abastecimiento muestreados en el distrito de Talavera durante los meses de mayo a octubre del 2012, donde se analizaron nueve parámetros fisicoquímicos a un total de sesenta muestras de agua, para los cuales la Organización Mundial de la Salud y las normas técnicas peruanas establecen rangos y LMP donde deben estar inmersos las características del agua de consumo humano para que no constituya un riesgo en la aceptación y salud de los consumidores. Los valores promedio obtenidos en los parámetros de pH y Turbiedad en las fuentes de abastecimiento de Carmen y Sallar, Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio 1, Pachapuquio, se encuentran ambos dentro de los rangos y LMP establecidos en las normas para agua de consumo humano, de esta manera se garantiza que actúen los desinfectantes como el cloro, que es el desinfectante que mejor actúa en este tipo de sistemas de agua potable. La turbidez le confiere mal aspecto al agua y puede estar relacionada a algún tipo de contaminación, especialmente bacteriológica, siendo esta agua de mala calidad, por lo que se refleja en los resultados microbiológicos, cabe mencionar que la OMS a través del **CEPIS**<sup>17</sup>, recomienda que el agua al momento de agregar el desinfectante debe contener

un promedio de turbiedad de 1,0 UNT para que el desinfectante (cloro) actúe eficientemente en la remoción de la carga microbiana, ya que en el proceso de eliminación de los organismos patógenos las partículas causantes de la turbiedad reducen la eficacia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante, condicionando a su vez que estas partículas orgánicas reaccionen con el cloro y formen subproductos de la desinfección como los trihalometanos que constituyen sustancias nocivas para la salud del consumidor

Los valores obtenidos de conductividad, color, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza y nitratos, no superan los LMP establecidos por la normatividad actual.

En la tabla N°07 se muestra las concentraciones de metales pesados determinados en muestras de agua provenientes de las fuentes de abastecimiento muestreados en el distrito de Talavera durante los meses de mayo a octubre del 2012, donde se analizaron la concentración de ocho metales pesados, Manganeso, Aluminio, Cobre, Plomo, Cadmio, Arsénico, Mercurio y Zinc, los resultados fueron favorables en cuanto a estos parámetros en solo cuatro fuentes de abastecimiento (Ccoñeccpuquio, Curibamba, Isopuquio 1 y Pachapuquio), las cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la OMS y las normas técnicas nacionales, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM. El problema surge a nivel de la fuente denominada Carmen y Sallar esto a nivel del parámetro de concentración de Arsénico ya que la concentración de este metal pesado en esta fuente de abastecimiento supera el LMP por 0.004 mg/L, lo que nos indica que esta fuente debe ser tratada mediante adición de coagulantes y procesos de sedimentación o ser clausurada.

El arsénico en el agua puede generar desordenes en la salud del ser humano como nos informa el Grupo de Estudio Técnico Ambiental (GESTA) que conforma parte de la DIGESA el cual manifiesta que, los efectos de la exposición aguda al arsénico son alteraciones gastrointestinales, cardiovasculares, nerviosas, renales y hepáticas.

Los efectos de la exposición crónica dependen de la vía de la exposición; por medio del agua de bebida, causa lesiones muy características. Se presentan hipocromías e hiperchromías (en forma de gota de agua) principalmente en las partes no expuestas del cuerpo, hiperqueratosis palmo plantar e hiperqueratosis

popular en cualquier parte del cuerpo excepto palmas y plantas, así como lesiones ulceradas compatibles con un diagnóstico de carcinoma epidermoide. Además de cáncer de piel, cirrosis, hemoangioendotelioma, problemas de reabsorción renal, inhibición de la síntesis de la porfirina, afectación a los glóbulos blancos, abortos espontáneos, neuropatía periférica, parálisis, pérdida de la audición, inhibición de algunas enzimas, inhibición de la fosforilación oxidativa y de la reparación del ADN, daños al intestino.

Por su parte la OMS manifiesta en su Nota Descriptiva N° 372, El arsénico está presente de forma natural en niveles altos en las aguas subterráneas de varios países, es muy tóxico en su forma inorgánica, su mayor amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua contaminada para beber, preparar alimentos y regar cultivos alimentarios. La exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas. También se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes.

La intervención más importante en las comunidades afectadas consiste en prevenir que se prolongue la exposición al arsénico implantando un sistema seguro de abastecimiento de agua potable.

Se puede dar aceptación de las ideas de ambos grupos de trabajo ya que la fuente de abastecimiento denominada Carme y Sallar es subterránea conocida como Puquio o Manante, la zona donde se encuentra la mencionada fuente es denominada zona agrícola la presencia de este mineral podría explicarse por el uso indiscriminado de plaguicidas, la mala disposición de sus residuos sólidos que generan lixiviados que afectan las aguas subterráneas, de esta manera se podría dar explicación a la presencia de este metal en esta fuente de abastecimiento.





## VI. CONCLUSIONES

1. Se logró caracterizar a las aguas de las cinco fuentes de abastecimiento y a las aguas para consumo humano para el distrito de Talavera.
2. Cuatro de las cinco fuentes de abastecimiento se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de coliformes totales y termotolerantes y valores fisicoquímicos, establecidos por los organismos reguladores la OMS y las normas técnicas peruanas, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM,
3. La fuente de abastecimiento denominada Carmen y Sallar, supera el LMP de concentración de Arsénico en sus características; establecidos por los valores guía de la OMS, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, que indican que su LMP es de 0,01 mg/L, cuantificándose 0.014 mg/L.
4. Con respecto a la dureza, alcalinidad y cloruros, en el 100% de muestras los valores se encuentran dentro de los LMP, Para el parámetro de cloro residual se obtuvo 0,0 ppm. las normas establecen un rango entre 0,4 a 0,6 ppm, por lo tanto este valor obtenido no garantiza la eficiente remoción de la carga microbiana.



## VII. RECOMENDACIONES

1. La Facultad de Ciencias Biológicas debe Ampliar los ámbitos de intervención para la realización de este tipo de trabajos de investigación, ya que el tema de agua y saneamiento se encuentra enmarcado dentro de los objetivos de desarrollo del milenio para Latinoamérica hasta el año 2032.
2. La UNSCH, debe implementar un laboratorio especializado en el control de calidad de agua para consumo humano y otros usos, de esta forma podrá facilitar con reactivos e instrumental a los alumnos que deseen continuar con este tipo de investigaciones.
3. La Facultad de Ciencias Biológicas debe Implementar cursos y/o capacitaciones en el control y vigilancia de las características principalmente microbiológicas, en conjunto con los puestos de salud y las otras entidades competentes, para asegurar que el agua que consume la población sea la adecuada, a fin de garantizar su salubridad.
4. La UNSCH, debe Implementar cursos y/o capacitaciones en nuevas tecnologías a nivel de cloración de agua en los sistemas de agua potable, para así dotar a sus alumnos y exalumnos de capacidades para solucionar problemas.
5. Se recomienda a los estudiantes de Biología y al público interesado proseguir con investigaciones de diagnóstico y ampliar los estudios sobre la calidad de agua de consumo humano, para contar con mayor información que posibiliten la intervención de autoridades pertinentes, ONGs, etc., para buscar mejoras en el desarrollo de las comunidades campesinas y distritos pobres de la región.
6. Antes de captar el agua de cualquier fuente sea superficial, sub terranea, sub superficial, se deben realizar estudios fisicoquímicos y biológicos de caracterización, para así poder determinar el uso adecuado que se le dará a esta.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gray, N.F. *Calidad del agua potable problemas y soluciones*. Trad. I.E. López. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, 1994.
2. Doria, C. "Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del Complejo Carbonífero Cerrejón, La Guajira-Colombia", Fundación Cerrejón para el Agua en La Guajira y la Universidad de La Guajira. Colombia, 2007.
3. Gonzales, O. "Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua", Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua, 2007.
4. Cruz W. "Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por entero patógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, de marzo a julio del 2006", Tesis para optar por el título de Médico Cirujano, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú.
5. Organización Mundial de la Salud. Guías para la Calidad del Agua Potable. Vol. 1. 3ra edición. Suiza, 2006.
6. Organización Panamericana de la Salud. Guía para la Calidad del Agua Potable. Volumen 1. Recomendaciones. Publicación Científica N° 481. USA, 1985.
7. Marchand, "Microorganismos Indicadores de la Calidad del Agua de Consumo Humano en Lima Metropolitana", Perú, 2002.
8. Botero, L. Calidad del agua para consumo humano. Resumen elaborado para las XXIX Jornadas de Microbiología. "Dr. Vidal Rodríguez Lemoine" Sociedad, 2005.
9. Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A, Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales. aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. 24(2):46-49, 2004.
10. Márquez, I., Lezama, D., Tamay, P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. Salud Pública Mex. 36(6):655-661. 1994.
11. Rodier, J. Análisis de las aguas, Omega, Barcelona – España, 1989.
12. Ugolini, I. "Estudio Bacteriológico de Aguas Recreacionales de Balnearios del Río Lima y en la Ciudad de Neuquén", Tesis para optar por el título de Licenciada en Saneamiento y Protección Ambiental, Universidad Nacional del Comahue, Neuquen – Argentina, 2006.
13. Donald, J. Bioquímica, Ed. Médica Panamericana, Pags. 40 – 43, en <http://books.google.com.pe/>
14. Arboleda, J. Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. Edit. Reverte. 2da Edición, 1996.
15. Castro, M. Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. CEPIS, Lima – Perú, 1987.
16. Barrenechea, A. Tratamiento de Agua de Consumo Humano. Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua. CEPIS. OPS. OMS. Lima – Perú, 2004.
17. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente. Manual de Tratamiento de Agua para Consumo Humano: Manual I y II. CEPIS/OPS. Lima – Perú, 2008.

18. Apella, María, Microbiología de Agua. Conceptos Básicos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, 1998.
19. Ango, H. Bazalar, D. Análisis Microbiológico de Agua Potable y Bebidas Gaseosas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Resumen del curso de Microbiología de Alimentos. Lima, 1995.
20. Chuchón, S. Alarcón, J. Microbiología Ambiental Manual de Practicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú, 2005.
21. Aurazo, M. Análisis Bacteriológico del Agua. CEPIS. Lima – Perú, 1993.
22. Brock, 1. Madigan, M. Biología de los Microorganismos. Edit. Prentice Hall Hispanoamericano S.A. México, 1999.
23. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-EPA. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. EPA 815-F-00-007,2000.
24. MINSA, Manual de procedimientos técnicos en saneamiento. Saneamiento Básico Rural, serie 4. APRISABAC. Cajamarca, 1997.
25. Franson, M. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales. American Public Health Association. American Water Eorks Association. Water Pollution Control Federation. Ediciones Diaz de Santos S.A 17 Edicion. USA, 1992.
26. Torres, Y. Resistencia a *Pseudomona aureginosa* al cloro libre residual. Revistas AINSA, Lima 1991.
27. Allen, M. 1996. La importancia para la salud pública de los indicadores bacterianos que se encuentran en el agua potable. Reunión sobre la calidad del agua potable. CEPIS. OMS. OPS. Lima, Perú.
28. Aurazo, M. Tratamiento de Agua para Consumo Humano. Aspectos Biológicos de la Calidad del Agua. CEPIS. OPS. OMS. Lima – Perú, 2004.
29. Ávila N., Estupiñán T. 2012. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología vol.50 N°2 Ciudad de la Habana Mayo-ago. 2012

## **ANEXOS**





Anexo 1. Ubicación de Manante Curibamba



## Anexo 2. Ubicación de Manante Choccepuquio



Anexo 3: Ubicación de Manante Pachapuquio.



#### Anexo 4. Botella utilizada para el muestreo



## Anexo 5: Materiales, Equipos y Reactivos Utilizados



a. Analizador FF-2 - HACH



b. Medios de cultivo para coliformes fecales totales y BHMV



c. Medidor de ph, solidos totales disueltos y conductividad

Anexo 6: Tablas de cálculo de la prueba de “t”- Student.

Tabla 1. Prueba T para Bacterias Mesofilas Heterotrofas Viables (UFC/ml) en las aguas de los lugares de muestreo comparando con el límite mínimo permisible (pH=6,5)

Lugar	Valor de prueba = 500					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-9,080	11	0,000	-175,083	-217,524	-132,642
Cconeccpuquio	-7,880	11	0,000	-181,750	-232,516	-130,984
Curibamba	-11,777	11	0,000	-166,250	-197,319	-135,181
Isopuquio I	-9,276	11	0,000	-158,833	-196,520	-121,147
Pachapuquio	-9,301	11	0,000	-203,917	-252,171	-155,662

Tabla 2. Prueba T para el pH de los lugares de muestreo comparando con el límite mínimo permisible (pH=6,5)

Lugar	Valor de prueba = 6,5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	4,414	11	0,001	0,517	0,259	0,776
Cconeccpuquio	2,600	11	0,025	0,318	0,049	0,586
Curibamba	4,505	11	0,001	0,621	0,317	0,924
Isopuquio I	5,723	11	0,000	0,755	0,465	1,045
Pachapuquio	12,660	11	0,000	0,922	0,761	1,082

Tabla 3- Prueba T para el pH de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (pH=8,5)

Lugar	Valor de prueba = 8.5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-12,646	11	0,000	-1,483	-1,741	-1,224
Cconeccpuquio	-13,776	11	0,000	-1,683	-1,951	-1,414
Curibamba	-10,007	11	0,000	-1,379	-1,683	-1,076
Isopuquio I	-9,437	11	0,000	-1,245	-1,535	-0,955
Pachapuquio	-14,812	11	0,000	-1,078	-1,239	-0,918

Tabla 4. Prueba T para turbiedad de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (turbiedad =5)

Lugar	Valor de prueba = 5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-128,432	11	0,000	-4,638	-4,718	-4,559
Cconeccpuquio	-173,851	11	0,000	-4,848	-4,909	-4,786
Curibamba	-59,903	11	0,000	-4,643	-4,813	-4,472
Isopuquio I	-159,382	11	0,000	-4,738	-4,803	-4,672
Pachapuquio	-48,323	11	0,000	-4,471	-4,674	-4,267

Tabla 5. Prueba T para la conductividad del agua de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (conductividad=1500)

Lugar	Valor de prueba = 1500					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-50,018	11	0,000	-1243,000	-1297,697	-1188,303
Cconeccpuquio	-31,729	11	0,000	-1209,433	-1293,329	-1125,538
Curibamba	-31,649	11	0,000	-1217,067	-1301,705	-1132,428
Isopuquio I	-53,180	11	0,000	-1256,467	-1308,468	-1204,465
Pachapuquio	-21,578	11	0,000	-1074,750	-1184,378	-965,122

Tabla 6. Prueba T para el color del agua de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (color=15)

Lugar	Valor de prueba = 15					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-32,642	11	0,000	-8,833	-9,429	-8,238
Cconeccpuquio	-39,096	11	0,000	-8,733	-9,225	-8,242
Curibamba	-56,383	11	0,000	-8,500	-8,832	-8,168
Isopuquio I	-41,165	11	0,000	-8,767	-9,235	-8,298
Pachapuquio	-36,093	11	0,000	-8,967	-9,513	-8,420

Tabla 7. Prueba T para los sólidos disueltos totales del agua de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (STD=1000)

Lugar	Valor de prueba = 1000					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-82,056	11	0,000	-869,042	-892,352	-845,732
Cconeccpuquio	-44,447	11	0,000	-855,038	-897,378	-812,697
Curibamba	-45,314	11	0,000	-857,917	-899,587	-816,246
Isopuquio I	-75,782	11	0,000	-877,750	-903,243	-852,257
Pachapuquio	-32,375	11	0,000	-786,075	-839,515	-732,635

Tabla 8. Prueba T para los cloruros de las aguas de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (cloruros=250)

Lugar	Valor de prueba = 250					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-1273,78	11	0,000	-245,778	-246,203	-245,354
Cconeccpuquio	-1885,02	11	0,000	-245,815	-246,102	-245,528
Curibamba	-297,54	11	0,000	-243,590	-245,392	-241,788
Isopuquio I	-1493,65	11	0,000	-246,448	-246,811	-246,085
Pachapuquio	-398,54	11	0,000	-244,165	-245,513	-242,817

Tabla 9. Prueba T para los sulfatos de las aguas de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (sulfato=250)

Lugar	Valor de prueba = 250					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-160,621	8	0,000	-162,110	-164,437	-159,783
Cconeccpuquio	-57,542	8	0,000	-181,768	-189,052	-174,483
Curibamba	-151,492	8	0,000	-158,242	-160,651	-155,833
Isopuquio I	-49,774	8	0,000	-162,590	-170,123	-155,057
Pachapuquio	1,993	8	0,081	4,606	-0,723	9,934



Tabla 10. Prueba T para la dureza total de las aguas de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (dureza total=500)

Lugar	Valor de prueba = 500					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-24,892	11	0,000	-213,775	-232,677	-194,873
Cconeccpuquio	-17,528	11	0,000	-221,225	-249,004	-193,446
Curibamba	-17,963	11	0,000	-187,583	-210,568	-164,599
Isopuquio I	-16,766	11	0,000	-182,658	-206,638	-158,679
Pachapuquio	-4,246	11	0,001	-106,725	-162,044	-51,406

Tabla 11. Prueba T para los nitratos de las aguas de los lugares de muestreo comparando con el límite máximo permisible (nitrato=10)

Lugar	Valor de prueba = 10					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Carmen y Salar	-120,311	11	0,000	-6,932	-7,058	-6,805
Cconeccpuquio	-33,495	11	0,000	-6,585	-7,018	-6,152
Curibamba	-31,415	11	0,000	-6,367	-6,813	-5,921
Isopuquio I	-48,686	11	0,000	-6,744	-7,049	-6,439
Pachapuquio	-36,103	11	0,000	-7,177	-7,614	-6,739

Tabla 12. Prueba T para el pH de los reservorios comparando con el límite mínimo permisible (pH=6,5)

Reservorio	Valor de prueba = 6.5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Collpa	1,376	11	0,196	0,150	-0,090	0,390
Cuncataca	15,319	11	0,000	0,530	0,454	0,606
Pachapuquio	19,082	11	0,000	0,963	0,851	1,074
Salinas	12,101	11	0,000	0,547	0,448	0,647

Tabla 13. Prueba T para el pH de los reservorios comparando con el límite mínimo permisible (pH=8,5)

Reservorio	Valor de prueba = 8.5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Collpa	-16,972	11	,000	-1,85000	-2,0899	-1,6101
Cuncataca	-42,489	11	,000	-1,47000	-1,5461	-1,3939
Pachapuquio	-20,569	11	,000	-1,03750	-1,1485	-,9265
Salinas	-32,103	11	,000	-1,45250	-1,5521	-1,3529

Tabla 14. Prueba T para turbiedad de los reservorios comparando con el límite máximo permisible (turbiedad =5)

Reservorio	Valor de prueba = 5					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Collpa	-590,137	11	0,000	-4,837	-4,855	-4,819
Cuncataca	-444,712	11	0,000	-4,672	-4,695	-4,649
Pachapuquio	-124,121	11	0,000	-4,395	-4,473	-4,317
Salinas	-268,698	11	0,000	-4,636	-4,674	-4,598

## Anexo 7.

### Matriz de consistencia

PROBLEMA	MARCO TEORICO	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y biológicas de las fuentes de abastecimiento y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas – Apurímac 2012?</p>	<p><b>EL AGUA.</b> El agua es un compuesto formado por 2 átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlace covalente, los cuales se encuentran formando un ángulo de 105° con el oxígeno en el vértice. El enlace entre el hidrogeno y el oxígeno le da al agua propiedades únicas que le permiten cumplir con funciones esenciales en la naturaleza.</p> <p><b>PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El agua es insípida e inodora en condiciones normales de presión y temperatura.</li> <li>- El agua pura tiene una conductividad eléctrica relativamente baja</li> <li>- A diferencia de otros compuestos similares, el agua es líquida a temperatura ambiente</li> <li>- El agua líquida tiene una alta capacidad calorífica</li> </ul> <p><b>CICLO HIDROLOGICO DEL AGUA.</b> El agua se evapora de la tierra y los océanos, el vapor de agua flota por su baja densidad y es arrastrado por las corrientes de aire hasta que finalmente se precipita como lluvia, granizo o nieve. Al llegar a la superficie puede seguir varios caminos:</p>	<p>Objetivo general: Determinar las características fisicoquímicas y biológicas de las fuentes de abastecimiento y agua de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas – Apurímac durante los meses de mayo a octubre del 2012.</p> <p>Objetivos Específicos: *Determinar las características fisicoquímicas de las 5 fuentes de abastecimiento y compararlas con los LPM establecidos por la SUNASS, DIGESA y OMS. *Determinar las características biológicas de las 5 fuentes de abastecimiento y compararlas con los LPM establecidos por la SUNASS, DIGESA y OMS.</p>	<p><b>VARIABLES:</b></p> <p>*Características fisicoquímicas del agua usada como fuente de abastecimiento.</p> <p>*Características microbiológicas del agua usada como fuente de abastecimiento.</p> <p>*Características biológicas del agua usada como fuente de abastecimiento.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Descriptivo/básico <b>REGIMEN DE INVESTIGACIÓN:</b> Libre. <b>MÉTODO</b> <b>Población</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas provenientes de las 5 fuentes del Distrito de Talavera de la Reyna (Curibamba, Choccepuquio, Pachapuquio, Isopuquio 1, Carmen y Sallar) utilizadas como abastecimiento para la Potabilización y el posterior consumo humano.</li> <li>• Aguas post – cloración tomadas de la viviendas que se abastecen de estos 5 ojos de agua.</li> </ul> <p><b>MESTRA</b> <b>Muestra 1:</b> La muestra será tomada en el punto donde emergen exactamente estas aguas referido a los 5 manantes usados. <b>Muestra 2:</b> Esta muestra se tomara en domicilios que estén lo más lejos posible del reservorio para poder ver la acción inhibidora o desinfectante del cloro <b>Periodicidad de los muestreos</b> 12 muestras por cada manante que hacen un total de 60 muestras por todo el estudio. Cabe mencionar que en el caso de la muestra 2 solo son 4 reservorios se les realizaran también 12 muestreos por cada casa más alejada del reservorio lo que hace un total de 48 muestras, en el caso de los metales pesados solo se tomaran en cuenta dos muestreos que serán al inicio y al final del estudio lo que hacen un total de 10 muestras más. El número de muestras de agua que serán analizadas en el laboratorio serán en total de 118 procedentes de 12 muestreos, tomando en cuenta la aclaración de las Muestras 1, Muestras 2 y Muestras para metales.</p> <p><b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> - A partir de los resultados obtenidos se calcularán con pruebas estadísticas de análisis multivariado y prueba de <math>X^2</math> (Ji cuadrado) y los resultados serán presentados en gráficos y tablas utilizando programas estadísticos como Excel y Spss</p>