

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA, EN
EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA
CIUDAD DE AZÁNGARO, PUNO – 2017**

TESIS

PRESENTADO POR:

BR. WAGNER YANA TIPO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO - PERÚ

2017

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



**CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA, EN EL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO,
PUNO – 2017**

TESIS PRESENTADO POR:

Br. WAGNER YANA TIPO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

FECHA DE SUSTENTACION: 20-12-2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

.....
Dra. YOURI TERESA DEL CARPIO

PRIMER MIEMBRO

.....
Dr. JUAN JOSE PAURO ROQUE

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Mg. MARIA ISABEL VALLENAS GAONA

ASESOR DE TESIS

.....
M. Sc. EVA LAURA CHAUCA DE MEZA

Área : Ciencias Biomédicas
Línea : Diagnóstico y Epidemiología
Tema : Microbiología del Agua

DEDICATORIA

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza A mí Ser Superior por ser mí guía, por su protección, por su bendición espiritual.

A mí mamita Basilia que en paz descanse, por darme la vida su dedicación sus enseñanzas quien siempre estuvo conmigo en cada momento y enseñarme el camino correcto serán siempre mi camino a seguir.

A mi papa Daniel por darme sus enseñanzas, dedicación y ejemplo será siempre mi camino para alcanzar mis sueños.

A mis hermanos Luz Marleny, Edgar, Gabriel, Sayda, Jonathan, Cristian, Anderson, mi sobrina Francys y una persona muy especial que entro en mi vida Cleofe por sus ejemplos, apoyo, motivación, por compartir y formar parte de mi vida.

A mis amigos quienes fueron ejemplo de lucha por compartir cada momento conmigo frente a las dificultades.

Y gracias a todos los que me brindaron su ayuda en este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno y a la Facultad de Ciencias Biológicas, por haberme formado profesional Biólogo y por todo el apoyo que me brindó esta casa superior de estudios.

A mi director de tesis M. Sc. Eva LAURA CHAUCA, por su asesoramiento y apoyo ha hecho posible la realización de la presente investigación.

A mis jurados de tesis Dra. Youri TERESA DEL CARPIO, Dr. Juan José PAURO ROQUE y Mg. María Isabel VALLENAS GAONA, por sus revisiones y correcciones para que este trabajo de investigación se concluya de manera correcta.

Agradezco a todos, por haber contribuido a que este trabajo de investigación se concluya satisfactoriamente.

Muchas Gracias a todos,

Wagner YANA TIPO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES.....	53
VII. REFERENCIAS	54
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de muestreo de la EPS Nor Puno S.A. de Azángaro, zona de captación, zona de bombeo y reservorio.....	26
Figura 2. Comparación de los valores promedio de pH en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	34
Figura 3. Comparación de los valores promedio de conductividad eléctrica (uS/cm) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	36
Figura 4. Comparación de los valores promedio de dureza total (mg/L CaCO ₃) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.	38
Figura 5. Comparación de los valores promedio de cloruros (mg/L) por meses en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.	41
Figura 6. Comparación de los valores promedio de SDT (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	43
Figura 7. Comparación de los valores promedio de sulfatos (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	45
Figura 8. Comparación de los valores promedio de Bacterias Heterótrofas (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.	48
Figura 9. Comparación de los valores promedio de coliformes totales (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.	50

Figura 10. Toma de muestra de los puntos establecidos para el análisis respectivo.	61
Figura 11. Transporte de muestras para hacer el respectivo análisis.	61
Figura 12. Muestras en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB, 2017.	61
Figura 13. Plaqueado y preparación de medios de cultivo bacteriano, realizado en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB durante los meses de agosto a octubre del 2017.	62
Figura 14. Inoculación de muestras en caldo lactosado para recuento de coliformes, realizado en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB durante los meses de agosto a octubre del 2017.	62
Figura 15. Recuento de BH en cámara cuenta colonias, realizado en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB durante los meses de agosto a octubre del 2017.	63
Figura 16. Determinación del coliformes, laboratorio de FCCBB, 2017.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándares para agua potable según el EPA y la OMS.....	18
Tabla 2. Clasificación de aguas según el grado de dureza.	20
Tabla 3. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	23
Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica. .	24
Tabla 5. Tamaño de muestra de los puntos de muestreo evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	25
Tabla 6. Valores de pH en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	33
Tabla 7. Valores de conductividad eléctrica (uS/cm) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	35
Tabla 8. Valores de dureza total (mg/L CaCO ₃) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.	38
Tabla 9. Valores de cloruros (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	40
Tabla 10. Valores de SDT (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	43
Tabla 11. Valores de sulfatos (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	45
Tabla 12. Valores de bacterias heterotróficas (UFC/mL) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	47
Tabla 13. Valores de bacterias coliformes totales (UFC/100 mL) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.....	49

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

% = porcentaje

°C = grados centígrados

CE = Conductividad eléctrica.

CF = Coliformes fecales.

CS = Citrato Simmons

CT = Coliformes totales.

CTT = Coliformes termotolerantes.

DT = dureza total

EMB = Eosin Metil Blue

EPS = Empresa prestadora de servicios

et al. = y colaboradores

g = gramos

LIA = Lisina hierro agar

LMáxP o LMP = Límite máximo permisible.

LMínP = Límite mínimo permisible.

mg = miligramos

mL = mililitro

mm = milímetros

MS = Manitol Salado

n = tamaño de muestra

No = número

NMP = Numero más probable

PM1 = punto de muestreo 1, galerías filtrantes del acuífero.

PM2 = punto de muestreo 2, cámara de bombeo donde se realiza el tratamiento del agua.

PM3 = punto de muestreo 3, reservorio donde se regula la presión.

R1, R2 y R3 = repeticiones 1, 2 y 3

SDT = Sólidos disueltos totales.

spp = especies

TSI = Triple azúcar hierro

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el sistema de abastecimiento de agua potable abastecida en la localidad de Azángaro, en los meses de agosto a octubre del año 2017. Los objetivos fueron: a) Determinar los parámetros físico – químicos: pH, conductividad eléctrica, dureza total, cloruros, sólidos disueltos totales, sulfatos del sistema de abastecimiento de agua potable Azángaro y b) Determinar la carga de bacterias heterótrofas, el número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales. El método del recuento de bacterias heterótrofas y el método del número más probable (NMP), fueron utilizados para la cuantificación de coliformes totales y fecales. Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se aplicaron métodos de potenciometría (pH), conductimetría (conductividad eléctrica CE y sólidos disueltos totales SDT), titulométrico (dureza total), Mohr (cloruros) y espectrofotométrico (sulfatos), y el recuento de bacterias heterotróficas BH, coliformes totales CT y fecales CF, mediante el método de recuento en placa. Los resultados fueron contrastados con el Decreto Supremo No. 031-2010-SA. Los puntos de muestreo fueron las galerías filtrantes, la cámara de bombeo y en el reservorio o almacenamiento de la localidad de Azángaro. El procesamiento de datos fisicoquímicos y bacteriológicos se evaluó mediante pruebas de análisis de varianza y pruebas de contraste de Duncan. Los resultados entre los tres puntos de muestreo (PM1, PM2 y PM3) fueron: el pH osciló entre 7.64 y 7.86 unidades, la CE entre 1074.20 y 1208.43 uS/cm, la dureza total entre 261.16 y 273.48 mg/L de CaCO₃, los cloruros entre 45.54 y 46.88 mg/L, los SDT entre 272.75 y 284.04 mg/L, los sulfatos entre 16.33 y 16.41 mg/L, todos ellos estuvieron por debajo de los LMP indicados en la norma vigente, el recuento de BH con un promedio 477 UFC/mL sólo en el PM1, los recuentos de CT osciló entre 3.00 y 14.33 NMP/100 mL, superando los LMP indicados en la norma vigente y valores de 0 NMP/100 mL para el recuento de CF, el cual se encuentra dentro de los LMP.

Palabras clave: agua potable, calidad fisicoquímica, calidad microbiológica, sistema de abastecimiento, Puno.

ABSTRACT

The investigation was developed in the drinking water supply system supplied in the town of Azángaro, from July to September 2017. The objectives were: a) Determine the physical-chemical parameters: pH, electrical conductivity, total hardness, chlorides, total dissolved solids, sulfates of the Azángaro drinking water supply system and b) Determine the heterotrophic bacteria load, the most probable number (NMP) of total and fecal coliforms. The method of the heterotrophic bacteria count and the most probable number method (NMP) were used for the quantification of total and fecal coliforms. For the determination of physicochemical parameters, potentiometry (pH), conductivity (EC electrical conductivity and total dissolved solids SDT), titulometric (total hardness), Mohr (chlorides) and spectrophotometric (sulfates) methods, and the heterotrophic bacteria count were applied. BH, total CT and fecal CF coliforms, by the plate count method. The results were contrasted with Supreme Decree No. 031-2010-SA. The sampling points were the filtering galleries, the pumping chamber and in the reservoir or storage of the town of Azángaro. The physicochemical and bacteriological data processing was evaluated using Duncan's analysis of variance tests and contrast tests. The results between the three sampling points (PM1, PM2 and PM3) were: the pH ranged between 7.64 and 7.86 units, the EC between 1074.20 and 1208.43 uS/cm, the total hardness between 261.16 and 273.48 mg/L of CaCO₃, the chlorides between 45.54 and 46.88 mg/L, TDS between 272.75 and 284.04 mg/L, sulfates between 16.33 and 16.41 mg/L, all were below the MPLs indicated in the current standard, the BH count with an average 477 CFU/mL only in PM1, the CT counts ranged between 3.00 and 14.33 PMN/100 mL, exceeding the MPLs indicated in the current standard and values of 0 /PMN100 mL for the CF count, which is within of the LMP.

Key words: drinking water, physical-chemical quality, microbiological quality, supply system, Puno.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el recurso hídrico está bajo presiones crecientes como consecuencia del crecimiento de la población, el incremento de las actividades pecuarias y el establecimiento de asentamientos humanos en sectores no adecuado; lo cual ha llevado a una pugna por los recursos limitados de agua dulce. Una combinación de problemas económicos y socioculturales sumados a una carencia de programas de avances hacia la pobreza, ha contribuido a personas que viven en situaciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la calidad del recurso agua; las carencias de medidas de control de la contaminación obstaculizan el uso sostenible del vital líquido. Sobre el resultado del problema, casi todos coinciden en la contaminación e insalubridad existente como efecto inmediato de la degradación de los recursos.

El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana sistemas acuáticos, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por el agua de calidad. En la ciudad de Azángaro se observa que cada día se incrementa la concentración de residuos (basura) en cual es botado a las riveras del rio Azángaro el cual provoca una contaminación del rio por residuos, ya que el punto de captación se encuentra a 50 metros del rio y es por filtración y la población retribuye a la empresa por lo cual se determinó la calidad del agua que permitirá establecer qué tipo de agua consume y si hay algún riesgo de enfermedad, envase a los resultados de recomendar a la institución encargada (Empresa Prestadora de Servicios Nor Puno S.A. – Azángaro) de mejorar el sistema del agua potable, hacer una inspección periódicamente; el presente proyecto pretende que el servicio de agua cumpla los estándares sabiendo que es un derecho fundamental de los seres humanos. Por tal razón esta investigación tuvo los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad físico-química y microbiológica del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Azángaro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros físico – químicos: pH, conductibilidad eléctrica, dureza total, cloruros, solidos disueltos totales, sulfatos en el sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro.
- Determinar la carga de bacterias heterótrofas, el número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales en el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Azángaro.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Martin y García (2009), realizaron la caracterización de nitratos, cloruros y sulfatos en muestras de aguas subterráneas de la periferia urbana de la localidad de Miramar (Argentina) y encontraron que estuvieron contaminados debido a la presencia de servicios cloacales en la periferia, la existencia de un botadero de residuos sólidos y la presencia de un matadero municipal aguas arriba de la localidad, éstos factores son corroborados por Estupiñan y Ávila (2010), ya que también manifiestan que en el área urbana en el municipio de Bojacá Cundinamarca (Colombia), las muestras no cumplen con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano.

Simanca *et al.* (2010), en el municipio de Montería (Córdoba - Colombia), afirman que los valores de los sólidos totales, pH, la alcalinidad y sulfatos, mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los meses de evaluación, indicando que se debería a las variaciones del agua en el proceso de distribución, por otro lado, la DIGESA (2006), reporta en Ayacucho – Perú (provincia de La Mar, Distrito de Anco), parámetros fisicoquímicos en agua de 8.4 unidades de pH, 232.8 uS/cm de CE, 152.6 mg/L de SDT, 250 mg/L de dureza total y 345 mg/L de cloruros, 70 CT/100 mL y 7 CF/100 mL, dando a conocer que se debió a la contaminación fecal y al déficit de las tuberías.

Quispe (2010), en Aplao (Arequipa), evaluó el agua potable con resultados de pH 8, temperatura 19.8 °C, CE 726.5 uS/cm, SDT 397.6 mg/L, dureza total 99.8 mg/L, cloruros 81.2 mg/L y sulfatos 401.6 mg/L, CT de 4200 NMP/100 mL y CF de 1881 NMP/100 mL de muestra de agua, no siendo aptas para el consumo humano, asimismo, Cutimbo (2012), evaluando pozos de la La Yarada (Tacna) encontró que sólo 21 pozos (46%) estuvieron aptas para el consumo humano, a su vez, Oruna (2010), en la ciudad de Puno reportó valores de CT de 0 – 200

NMP/100 mL y CF de 0 – 7 NMP/100 mL, el pH de 6.24 - 8.80 unidades, la CE de 2.41 – 1646 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la dureza total de 44.15 - 166.00 mg/L, los SDT de 352.00 – 1613 mg/L, los cloruros de 11.98 – 319 mg/L, aduciendo la causa a los problemas de instalación.

Vilca (2011), reporta los parámetros físicos y químicos del agua para consumo humano de la localidad de Vilque (Puno), en el manantial obtuvo un pH de 6.81 unidades, la CE de 185 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los SDT de 85.93 mg/L, la DT de 187 mg/L, los cloruros de 8.33 mg/L, el reservorio presentó las siguientes características pH de 6.59 unidades, la CE de 178 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los SDT de 80.9 mg/L, la DT de 209.96 mg/L, los cloruros de 6.8 mg/L y las aguas domiciliarias pH de 6.3, la CE de 171.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los SDT de 73.7 mg/l, la DT de 176.46 mg/l, los cloruros de 6.81 mg/l; todos estos parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles; mientras que los recuentos de coliformes fue de 6.67 NMP/100 mL; en el reservorio 6.67 NMP/100 mL y en las piletas domiciliarias 38.33 NMP/100 mL, encontrándose por encima de los valores permisibles, por otro lado, Robles *et al.* (2013), en un acuíferos de Tepalcingo (México), obtuvieron resultados de turbidez (0.14 – 0.77NTU), pH (6.0 – 7.6 unidades), SDT (297 – 1198 mg/L), sulfatos (49.8 – 740 mg/L), DT (145 – 736 mg/L), cloruros (3.8 – 30.7 mg/L), no siendo adecuados como fuente de suministro de agua potable.

Soto (2013), evaluó el agua potable usada en los mercados de Puno, obteniendo en agua de pozo del mercado Bellavista CT 827.25 NMP/100 mL, CTT 111 NMP/100 mL y *E. coli* 164 NMP/100 mL; en el mercado Unión y Dignidad, CT 102 NMP/100mL, CTT 0.75 NMP/100mL y *E. coli* 96 NMP/100 MI; Chambi (2015), evaluó el agua de consumo humano en el centro poblado de Trapiche (Ananea – Puno), en el que los valores fueron 14.85 UFC/100 mL de CT y *E. coli* en aguas de pozos, determinándose que el agua no es apta para consumo humano, en contraste, Salazar (2015), reporta en agua potable de la ciudad de Juliaca, valores de pH entre 3.31 - 7.78 unidades, la CE entre 1024 - 1225 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la DT entre 185 – 310 mg/L, los cloruros entre 0.7 - 1.6 mg/L, los sulfatos entre 65 - 90 mg/l, todo ello dentro de los LMP, mientras la calidad bacteriológica (coliformes totales y fecales), estuvo dentro de los valores permitidos.

Calsin (2016), en pozos artesanales y tubulares de Juliaca obtuvo una CE de 1636.25 y 1082.18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, SDT de 785.03 y 509.82 mg/L, el pH de 7.39 y 7.14 unidades, sulfatos entre 324.00 y 226.18 mg/L, cloruro total de 206.50 y 134.31 mg/L, DT de 628.91 y 438.91 mg/L, CT de 378.16 y 226.21 UFC/100 mL, las CF de 107.22 y 27.79 UFC/100 mL y bacterias heterotróficas entre 303.47 y 217.78 UFC/100 mL, por otro lado, Quispe (2017), evaluó 6 manantiales del distrito de Santa Rosa (Melgar – Puno), determino que los análisis fisicoquímicos están dentro de los LMP, mientras que en los análisis de coliformes totales fueron 330 NMP/100 mL, 43.33 NMP/100mL y coliformes fecales 30 NMP/100 mL, 3 NMP/100 mL que sobrepasan los límites máximos permisibles, por tanto estas aguas no son aptas para el consumo humano.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Agua potable

El agua potable es esencial para el mantenimiento de la vida y las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible), proporcionando beneficios tangibles para la salud de los consumidores, por lo tanto se debe de realizar el máximo esfuerzo para lograr su inocuidad (SUNASS, 2004), una agua de consumo inocua o agua potable, es definida como la que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud de los consumidores durante su vida, pero esta se encuentra vulnerable a diferentes contaminación de diferente índole, considerándose imprescindible el consumo de agua inocua, ya que la población podría contraer enfermedades mediante esta vía, donde los más propensos son los lactantes, los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos, por tanto el agua potable debe ser óptima para todos los usos domésticos habituales incluyendo la higiene personal (OMS, 2006).

El agua puede contener muchas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella, disolviendo los componentes químicos por donde circula a través de la superficie del suelo, filtrándose a través del mismo, por otro lado, contiene organismos vivos que pueden reaccionar con elementos físicos y químicos, muchas veces puede ser perjudicial para ciertos procesos industriales, o perfectamente idónea para otros (Romero, 2009), las aguas subterráneas procedentes de áreas con piedra caliza pueden llegar a tener un alto contenido de bicarbonatos de calcio (dureza), requiriendo procesos de ablandamiento previo a su uso por la población, en tal sentido la calidad físico, química y biológica están dentro de los estándares fijados por normas nacionales e internacionales (Orellana, 2005).

Es importante evaluar los parámetros de calidad del agua, según el uso, a fin de determinar si necesita o no tratamiento y aplicar el procedimiento idóneo para lograr la calidad deseada, asimismo los estándares de calidad son usados también para vigilar procesos de tratamiento y corregirlos si fuera necesario (Romero, 2009), evaluando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas,

debiendo poseer la aceptación universal a fin de que sean posibles las comparaciones con los estándares de calidad, tales como los de EEUU y la OMS (Tabla 1) (Orellana, 2005).

Tabla 1. Estándares para agua potable según el EPA y la OMS.

CONTAMINANTES	EPA (EEUU)	OMS
Coliformes Totales	< 5% muestras positivas	0
Turbidez	0.5 – 1.0 NTU	1.0 NTU
Antimonio	6	--
Arsénico	50	50
Asbesto	7 x 10	--
Bario	2000	--
Berilio	4	--
Cadmio	5	5
Cromo	100	5
Flúor	4000	1500
Mercurio	2	1
Níquel	100	--
Nitrato + Nitrito	10.000	10.000
Selenio	50	10
Talio	2	--
Endrín	2	--
Lindano	0.2	3
Metoxiclor	40	30
Toxafeno	3	--
Trihalometano	100	--
Aluminio	0.5 – 0.20	0.2
Cloruro	250	250

	15 unidades de color	15 unidades de color
Color	15 unidades de color	15 unidades de color
Cobre	1.0	1.0
Flúor	2.0	--
Hierro	0.3	0.3
Manganeso	0.05	0.1
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
Sulfato	250	400
Zinc	5.0	5.0
Sólidos disueltos totales	500	1000

Fuente: Orellana (2005).

2.2.2 Características fisicoquímicas del agua

- **Potencial de hidrogeniones (pH).** Se le define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno, su escala es desde 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25 °C, este parámetro influye en la presencia de los sabores en el agua, en la acción corrosiva e incrustante que tiene el agua en las cañerías y en la eficiencia de la cloración (Acosta, 2008), el valor de pH no ejerce efectos directos en los consumidores y es importante para que la desinfección con cloro sea eficaz, prefiriéndose un pH inferior a 8, en valores superiores de pH 11 produce irritación ocular y de trastornos cutáneos (Romero, 2009).

- **Temperatura.** Es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles, asimismo es un indicador de la calidad de agua que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables físico – químicas (Martínez, 1998), el agua fría es desagradable y hasta peligrosa porque puede irritar la mucosa del hígado (Spellman, 2004), se menciona también que las temperaturas elevadas del agua indican actividad biológica, química y física, lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos para el agua, así como en la evaluación limnológica de un cuerpo para el agua, por lo que es necesario medir la temperatura indica la presencia de compuestos y contaminantes en el agua (NMX-AA-007-SCFI, 2000).
- **Conductividad.** Es la capacidad de una solución para transportar la corriente eléctrica y depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura, por tanto, es de gran importancia pues da una idea del grado de mineralización del agua natural, potable, residual o residual tratada (NMX-AA-007-SCFI, 2000).
- **Cloruros.** Es uno de los aniones de mayor cantidad presentes en aguas naturales, residuales tratadas, excrementos humanos, la orina, que contienen cloruros en una cantidad similar a los cloruros consumidos en los alimentos y el agua, los efluentes de aguas residuales añaden cantidades considerables de cloruros a las fuentes receptoras, muchos residuos industriales contienen cantidades apreciables de cloruro, los que en concentraciones razonables no son peligrosas para la salud y son un elemento esencial para las plantas y los animales (NMX-AA-073-SCFI, 2001), en concentraciones superiores a 250 mg/l producen un sabor salado y es rechazado, por otro lado, un alto contenido de cloruros daña estructuras metálicas y evita el crecimiento de plantas, deteriorando en forma importante la calidad del suelo (Romero, 2009).

- **Dureza.** Es la capacidad de un agua para precipitar al jabón, gracias a la presencia de sales de los iones calcio y magnesio, ésta es responsable del origen de incrustaciones en recipientes y tuberías generando problemas en la transferencia de calor (Romero, 2009), a nivel internacional existen una serie de clasificaciones del agua respecto a su contenido de dureza, siendo una de las más utilizadas la de la OMS (2007) esquematizada en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de aguas según el grado de dureza.

CaCO ₃ (mg/l)	Tipo de agua
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura
121 – 180	Dura
>180	Muy dura

Fuente: OMS (2007).

- **Sulfatos.** Proceden del suelo o de la oxidación de sulfuros normales, y es uno de los aniones más abundantes en las aguas duras, tienen gran importancia en abastecimiento de agua potable, debido a su efecto catártico en los humanos, cuando está presente en excesivas cantidades (Marín, 2003), también son importantes tanto en abastecimientos públicos de agua como en industriales, ya que forma incrustaciones duras que se encuentran comúnmente en los artefactos donde se conduce, se calcinan o se evaporan agua (tuberías, calderos, utensilios domésticos, entre otros) (Romero, 2009).
- **Sólidos disueltos totales.** Es la expresión que aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en una estufa a temperatura definida (APHA *et al.*, 1992) y está compuestos por materia suspendida o disuelta en un medio acuoso, pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o efluente de varias formas, en agua potable no sería

agradable para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor (Bravo, 2010).

2.2.3 Características microbiológicas del agua

El agua de potable no debe contener microorganismos patógenos, por lo tanto, es necesario examinar periódicamente muestras de agua para la determinación de la calidad sanitaria de la misma (OPS, 1998), la mayoría de los microorganismos transmitidos por el agua son los que transmiten también por vía alimentaria, como las bacterias, algas, protozoarios, hongos y virus, procedentes en su mayoría de aguas contaminadas con excretas humanas y de animales (De La Cruz, 2008), por lo tanto, debido a que un gran número de enfermedades se adquieren por vía fecal – oral, se posee como vehículos los alimentos y el agua (Camacho *et al.*, 2009).

Aunque el agua parezca clara y limpia, podría estar contaminada con microorganismos, siendo un peligro para la salud, sin embargo existe un universo de bacterias con requerimientos nutricionales y ambientales distintos, en tal sentido es importante hacer las determinaciones de microorganismos indicadores de contaminación en aguas como las coliformes, determinándose así su calidad sanitaria, ya que las coliformes provienen de las heces de animales de sangre caliente capaces de producir gas, fermentar la lactosa en medios de cultivos a una temperatura de 44.5 °C (Madigan, 2009), en ese mismo sentido estos microorganismos se han encontrado en densidades altamente proporcionales respecto al grado de polución fecal, las bacterias coliformes como *Escherichia coli* a menudo se asocian con organismos entéricos patógenos (OPS, 1998).

- **Coliformes totales.** Son bacterias de forma bacilar, Gram negativas, aeróbicas o anaerobias facultativas no formadoras de esporas, que fermentan la lactosa con producción de gas en 24 – 48 horas a 35 °C, y son conformados por *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*, viven como saprófitos independientes (García *et al.*, 2003), pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y constituyen el 10% de los microorganismos intestinales en los seres humanos y otros

animales, su velocidad de la mortalidad depende de la temperatura del agua, la luz solar, las poblaciones de otros microorganismos presentes y la composición química del agua (Fernández *et al.*, 2001).

- **Coliformes fecales.** Está constituido por bacterias Gram negativas, capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 horas de incubación a 44.5 ± 0.1 °C, donde la más prominente es *Escherichia coli* (Camacho *et al.*, 2009), debido a ello es la bacteria indicadora del grupo coliforme fecal, ya que habita en la flora intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente, son de forma bacilar, de 0.5 a 5 μm de tamaño, en su mayoría son comensalistas inocuas, pero algunas cepas son patógenas (Tórtora *et al.*, 2007), causando diarrea en niños y en viajeros, los grupos de *E. coli* que se contaminan por el agua son *E. coli* enteropatogénica, *E. coli* enteroinvasiva, *E. coli* enterotoxigámica, y *E. coli* enterohemorrágica (Romero, 2009).
- **Bacterias Heterótrofas.** Estos microorganismos abundan en el agua, incluidas el agua tratada y del grifo; poseen gran capacidad de adaptación, pueden tolerar condiciones adversas de suministro de oxígeno y permanecer más tiempo que otros microorganismos en el agua, este indicador controla un determinado proceso o para verificar la calidad del tratamiento, desinfección o descontaminación (Robert, 2014), Sin embargo, otros tratamientos, como la filtración en arena o en carbono bioactivo, sustentan la proliferación de estos microorganismos, con los tratamientos de desinfección, como la cloración, la ozonización y la irradiación con luz UV, en la práctica, ninguno de los procesos de desinfección esteriliza el agua, y los microorganismos detectados mediante RHP pueden proliferar con rapidez en condiciones adecuadas, como la ausencia de concentraciones residuales de desinfectantes (Bartram, J. 2003).

2.2.4 Normas vigentes de calidad del agua potable en el Perú

La accesibilidad al agua potable es una necesidad primordial y por lo tanto un derecho humano fundamental (SUNASS, 2004), en este contexto es necesario actualizar el Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben de cumplir las aguas de consumo para ser consideradas potables, en tal sentido desde el año 2010, se cuenta con el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, este reglamento no solo establece límites máximos permisibles para el agua potable, sino incluye las nuevas responsabilidades que deberán cumplir los Gobiernos Regionales, referente a la Vigilancia de la Calidad del Agua para el Consumo humano (D. S. No. 031-2010-SA).

El Decreto Supremo No. 031-2010-SA, anexa los parámetros microbiológicos, parasitológicos y organolépticos con las que deben de cumplir las muestras de agua potable, los cuales se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 3. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 / 100 ml

Fuente: DIGESA (2011).

Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniacó	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: DIGESA (2011).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación es de tipo descriptivo y transversal.

3.2 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

La EPS Nor Puno S.A. de la localidad de Azángaro cuenta con un sistema de producción y abastecimiento de agua potable, en dicha empresa se seleccionaron tres puntos de muestreo para realizar es estudio. El primer punto de muestreo (PM1) fueron las galerías filtrantes construidas para alcanzar un acuífero y captar el agua; el segundo punto de muestreo (PM2) fue la cámara de bombeo donde se realizó el tratamiento y control de calidad; y el tercer punto de muestreo (PM3) fue el reservorio donde se regula la presión, con tres repeticiones en cada punto de muestreo durante un periodo de tres meses.

Tabla 5. Tamaño de muestra de los puntos de muestreo evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses	Numero de muestras.			Total
	PM1	PM2	PM3	
Agosto	2	2	2	6
Setiembre	2	2	2	6
Octubre	2	2	2	6
Total	6	6	6	18 Litros

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Determinación de los parámetros físico – químicos en el sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro

3.3.1.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el distrito de Azángaro, durante los meses de agosto a octubre del año 2017 en la región de Puno, localizada entre las coordenadas geográficas 14°54'24" de Latitud Sur y 70°11'36" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, ubicada en el eje principal de la vía Transoceánica y a 3,559 msnm. Tiene una extensión territorial de 706,13 km², situada a 3859 msnm en la Meseta del Collao, al centro-norte del lago Titicaca, el clima es cálido y templado. La temperatura aquí es en promedio 8.1 ° C. Hay alrededor de precipitaciones de 671 mm.



Figura 1. Puntos de muestreo de la EPS Nor Puno S.A. de Azángaro, zona de captación, zona de bombeo y reservorio.

Fuente: Google maps.

3.3.1.2 Toma de muestra

Se utilizó la técnica según la Norma Técnica Peruana (NTP, 2012), para ello se prepararon los frascos de muestreo el cual se esterilizaron en el laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas, posteriormente se realizó la toma de muestra, para los análisis fisicoquímicos se tomó una muestra de 1000 ml y 500ml para los análisis microbiológicos, los frascos se transportaron en un cooler de plástico con refrigerante que permitió que la muestra se conservase a temperatura de refrigeración, en la cubierta de cooler se colocó una etiqueta frágil indicando las características del agua. En la

parte interna del cooler también se colocó el formulario detallado cuyos datos fueron:

- Identificación del punto de muestreo.
- Procedencia.
- Número de muestra o código.
- Fecha
- Hora de recolección.
- Volumen enviado (dependiendo del tipo de análisis).
- Nombre y firma de la persona que realizó el muestreo.
- Observaciones.

3.3.1.3 Determinación del potencial de hidrogeniones (pH).

Método: Electrométrico

Fundamento: El método determina la acidez o la alcalinidad del agua (aquella característica que provoca la corrosión de las tuberías de Fe), neutra o básica. Una solución que tenga pH menor que 7 es acida, la que tenga un pH equivalente a 7 es neutra y, si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina. En agua, todas las sustancias inorgánicas pueden producir olor y sabor según la concentración en que se encuentren. Los seres vivos, como las algas, plancton, entre otros pueden producir olor y sabor (Carrillo y Salinas, 1988).

Procedimiento: Se vertió 40 mL de la muestra en un vaso precipitado, seguidamente se introdujo el electrodo del potenciómetro, finalmente los datos se registraron en la pantalla de equipo.

3.3.1.4 Determinación de la conductividad eléctrica

Método: Conductimetría

Fundamento. La conductividad eléctrica determina una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentración relativa, así como de la temperatura (NMX-AA-093-SCFI, 2000).

Procedimiento: Se vertió 50 mL de la muestra en un vaso de precipitado, seguidamente introdujo el electrodo del conductímetro, para luego tomar nota del valor.

3.3.1.5 Determinación de dureza total

Método: Titulométrico

Fundamento. La dureza del agua se determina mediante la concentración de Ca y Mg, utiliza soluciones de Ca etilendiaminotetracético o de sus sales de Na como agente titulador, forma un complejo quelado soluble cuando se adiciona a una solución de ciertos cationes metálicos los cuales forman iones complejos solubles con Ca y Mg. Los indicadores utilizados con el colorante negro eriocromo T que indica cuando todos los iones Ca y Mg han formado complejos con EDTA pH 10.0; entonces la solución toma un color similar al vino rojo (Acosta, 2008).

Procedimiento: Se insertó un tubo de alimentación limpio en el cartucho de titulación.

Se hizo girar la perilla de descarga para expulsar algunas gotas al titulador. Se reinició el contador a cero y se limpió la punta, seguidamente se utilizó una probeta o pipeta para medir el volumen de la muestra.

Transfiriendo la muestra al frasco de Erlenmeyer limpio de 250 ml. Se diluyo aproximadamente hasta la marca de 100 ml de agua destilada, luego se agregó 0.5 ml de buffer mientras se tituló con EDTA desde rosa a azul. Se registró el número de dígitos requeridos.

3.3.1.6 Determinación de cloruros

Método: Mohr

Fundamento. La adición de nitrato de plata a la solución precipitada el cloro presente como cloruro de plata, una vez que este producto de solubilidad. La cantidad de AgNO_3 necesario para alcanzar este producto de solubilidad. La cantidad de AgNO_3 necesario para alcanzar este punto es equivalente a la cantidad de Cl presente en la solución. Un precipitado rojo de cromato de plata, mientras haya algo de cloruros en la muestra. Cuando se agotan los cloruros que hay en la solución (muestra) por precipitación en forma de cloruro de plata, el precipitado rojo de cromato de plata, se señalan en forma nítida el punto final de la reacción (NMX-AA-073-SCFI, 2001).

Procedimiento: Se insertó un tubo de alimentación limpio en el cartucho de titulación.

Se hizo girar la perilla de descarga para expulsar algunas gotas al titulador. Se

reinició el contador a cero y se limpió la punta, seguidamente se utilizó una probeta o pipeta para medir el volumen de la muestra. Se transfirió la muestra al frasco de Erlenmeyer limpio de 250 ml. Se diluyó aproximadamente hasta la marca de 100 ml agua destilada, luego se agregó el indicador dicromato de potasio y la muestra se tomara de color amarillo a rosa, finalmente se registraron los datos.

3.3.1.7 Determinación de sulfatos

Método: Espectrofotométrico

Fundamento. Para identificar los sulfatos con un espectrofotométrico es necesario que la muestra sea tratada con cloruro de bario, en medio ácido, formándose un precipitado blanco de sulfato de bario, se requiere un solvente acondicionador que contiene glicerina y alcohol, para modificar la viscosidad de la muestra y si permitir que el precipitado de BaSO_4 se mantenga en suspensión produciendo valores de turbidez estables, así, la intensidad de los fotones que pasan a través de una muestra que contiene el analito, se atenúa debido a la absorción, la medida de esta atenuación que recibe el nombre de absorbancia, es la que sirve de señal. La turbidez de este precipitado se mide espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm y con una celda de 1 cm.

Procedimiento: se utilizó el espectrofotómetro ingresando el número de programa almacenado para el nitrógeno de sulfato de alto rango (SO_4^{2-}). Se hizo girar el cuadrante de longitud de onda hasta que la pantalla pequeña muestre: 680 nm, se llenó una celda para espectrofotómetro con 25 ml de muestra. Seguidamente se agregó el contenido de una bolsa de polvo de reactivo de nitrato sulfato, luego se visualiza el resultado en mg/L.

3.3.1.8 Determinación de la concentración de sólidos disueltos totales

Método: Conductimetría

Fundamento. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrantes (sales o residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2 μm (o más pequeño). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para consumo humano, con un alto

contenido de sólidos, son por lo general de mal grado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa al consumidor (Carrillo y Salinas, 1988).

Procedimiento: Se colocó en un vaso de precipitado 40 ml de la muestra de agua.

Seguidamente se introdujo el electrodo del conductímetro, se presionó dos veces la tecla Mode hasta que se estabilice, para luego tomar nota del valor obtenido.

3.3.1.9 Análisis estadístico

El diseño que se aplicó fue de bloque completamente al azar (DBCA), considerándose los lugares de muestreo (zona de captación; zona de bombeo y reservorio) como los tratamientos y los bloques los constituyen los meses de muestreo (agosto, setiembre y octubre), con tres repeticiones en cada punto de muestreo. El modelo matemático a utilizar fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta.

μ : Promedio general

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento (lugares de muestreo).

β_j : Efecto de bloques (meses de muestreo).

E_{ij} : Error experimental

Para la calidad microbiológica y físico – química de los puntos de estudio, se aplicaron las pruebas de Análisis de Varianza, posteriormente se realizó pruebas de contraste de Duncan. Todos estos análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95% y un 5% de error.

3.3.2 Determinación de la carga de bacterias heterótrofas, de coliformes totales y fecales en el agua potable de la ciudad de Azángaro

3.3.2.1 Determinación de coliformes totales

El número más probable (NMP) es el cálculo de la densidad probable de bacterias coliformes en la combinación de resultados positivos y negativos obtenidos en cada dilución. La precisión de cada prueba depende del número de tubos utilizados. Son necesarias tres diluciones para la obtención del código del NMP. Las tablas de NMP se basan en la hipótesis de una dispersión de Poisson (dispersión aleatoria).

Sin embargo, si la muestra no se ha agitado adecuadamente antes de hacer las porciones o si existe agrupamiento de bacterias, el valor de NMP pudo resultar mayor que el número real de densidad bacteriana (Pascual y Calderón, 2000). La densidad bacteriana se obtuvo a través de la fórmula facilitada o a través de tablas en las que se presenta el límite de confianza de 95% para cada valor determinado y se expresa como NMP de coliformes/100 mL, el procedimiento es el siguiente:

- **Prueba presuntiva.** Se procedió a inocular volúmenes de 10 mL, 1 mL y 0.1 mL de muestra de agua en una serie de 9 tubos de Caldo Lactosado, en los cuales los primeros 3 tubos presentaron el doble de la concentración de dicho caldo y los 6 restantes de doble concentración. Luego se incubaron los tubos debidamente rotulados a 37 °C durante 24 – 48 horas (Pascual y Calderón, 2000).

Se transfirió un inculo de cada tubo positivo de la prueba presuntiva a tubos que contengan caldo verde brillante bilis e incubados posteriormente a 37 °C durante 48 horas. Esta prueba reduce la posibilidad de resultados falsos positivos que pueden ocurrir por la actividad metabólica de bacterias formadoras de esporas. La formación de gas, el entubamiento y la fermentación dentro del lapso de 24 a 48 horas constituyen una prueba confirmativa de la presencia de coliformes totales. Los resultados se expresan en términos de número más probable (NMP) de microorganismos (Pascual y Calderón, 2000).

3.3.2.2 Determinación de Coliformes Fecales

Se inoculó de cada tubo positivo de la prueba confirmativa a placas Petri que contienen medio de cultivo EMB, sembrando el inóculo mediante una estría simple por agotamiento en el agar y se incubó por 48 horas a una temperatura de 37 °C en una estufa de incubación (Pascual y Calderón, 2000).

Cálculos: De acuerdo a los tubos positivos en las pruebas confirmativas para coliformes totales y fecales, se estableció los códigos correspondientes para calcular por referencia en la tabla estadística correspondiente, el NMP de coliformes totales y fecales en 100 mL de agua (Pascual y Calderón, 2000).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros fisicoquímicos del agua en el sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro.

4.1.1 Potencial de hidrogeniones (pH)

Las muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, presentaron valores que oscilaron entre 7.44 y 7.86 unidades y un promedio de 7.71 en el PM1, entre 7.69 y 7.79 unidades con un promedio de 7.76 en el PM2, y entre 7.58 y 7.69 con un promedio de 7.64 en el PM3 (Tabla 6). De las muestras evaluadas, ninguna supera el límite máximo permisible (LMáxP) de 8.5 unidades, ni tampoco se encuentran por debajo del límite mínimo permisible (LMínP) de 6.5 unidades (Figura 2).

Tabla 6. Valores de pH en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses 2017	Puntos de muestreo			LMP
	PM1	PM2	PM3	
Agosto	7.44	7.79	7.66	6.5 – 8.5
Setiembre	7.83	7.69	7.69	
Octubre	7.86	7.79	7.58	
Promedio	7.71	7.76	7.64	
DE	0.23	0.06	0.06	
CV (%)	3.04	0.74	0.74	

Los valores de pH de los tres PM, no presentaron diferencia estadística significativa ($F = 0.48$; $GL = 2$; $P = 0.6434$) (Figura 3), ni entre meses de muestreo ($F = 0.62$; $GL = 2$; $P = 0.5709$), pero aritméticamente el mayor promedio se determinó en el PM2 con 7.76 unidades, seguido del PM1 con 7.71 unidades y el PM3 con 7.64 unidades.

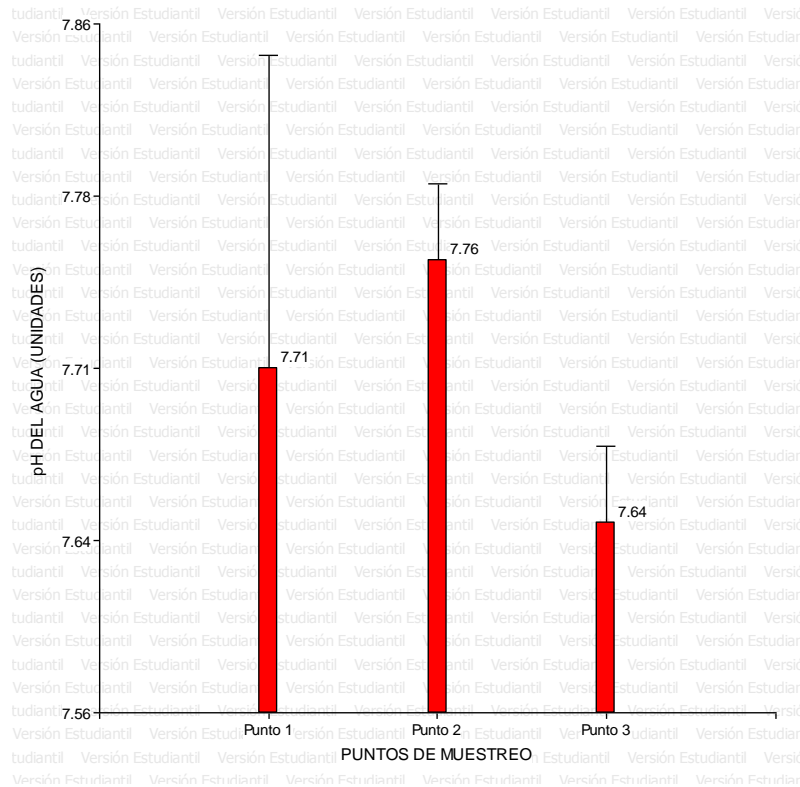


Figura 2. Comparación de los valores promedio de pH en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Los valores registrados de pH en los tres PM oscilaron entre 7.64 unidades (PM3) y 7.76 unidades (PM2), todo ellos permitidos por la normatividad vigente, estos resultados fueron similares a los reportados por González *et al.* (2007), que en muestras de agua de consumo humano en comunidades de Nicaragua, obtuvieron promedios de pH de 7.5 unidades; en contraste, fueron inferiores a los reportados por Quispe (2010), quien luego de evaluar el agua de consumo humano de la ciudad de Aplao (Arequipa), indicó promedios de pH de 8 unidades; por otro lado fueron superiores a los obtenidos por Vilca (2011), quien evaluó el agua de consumo humano en la localidad de Vilque (Puno), reportando en el manantial valores de pH de 6.81 unidades, en el reservorio 6.59 unidades y en el agua domiciliaria un pH de 6.3 unidades y Mamani (2007), en muestras de agua de reservorio y obtenidas del caño en el distrito de Huanuara (Tacna), obtuvo promedios de pH de 6.86 unidades.

El pH es un parámetro muy importante ya que afecta a las reacciones químicas y biológicas, valores extremos por encima de 8.5 unidades requieren de tratamientos fisicoquímicos, ya que podría originar la muerte de peces, rápidas alteraciones en la flora y fauna, cambios en la solubilidad de nutrientes, formación de precipitados, entre otros (Orozco *et al.*, 2003), los valores de pH favorables se ubican entre 6.0 y 7.2, cuando se encuentra por debajo o por encima de ellos se origina la desnaturalización de las proteínas (Baird y Cann, 2012), por otro lado Barrenechea (2015), afirma que el pH influye en los procesos de tratamiento del agua, en tal sentido, cuando el pH es inferior a 6.5, puede producir intensa corrosión e incrustaciones en el sistema de distribución y al superar el valor de 8.0 se produce una disminución de la eficacia del proceso de desinfección con cloro.

4.1.2 Conductibilidad eléctrica (CE)

Las muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, presentaron valores de CE que oscilaron entre 997.83 y 1200.56 uS/cm y un promedio de 1074.20 uS/cm en el PM1, entre 1020.07 y 1225.00 uS/cm con un promedio de 1110.59 uS/cm en el PM2, y entre 1200.03 y 1218.50 uS/cm con un promedio de 1208.43 en el PM3 (Tabla 7). De las muestras evaluadas, ninguna supera el límite máximo permisible (Figura 3).

Tabla 7. Valores de conductividad eléctrica (uS/cm) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses	Puntos de muestreo			LMP uS/cm
	PM1	PM2	PM3	
2017				
Agosto	1024.2	1225	1200.03	1500
Setiembre	997.83	1020.07	1218.5	
Octubre	1200.56	1086.7	1206.76	
Promedio	1074.20	1110.59	1208.43	
DE	110.23	104.53	9.35	
CV (%)	10.26	9.41	0.77	

Los valores de CE de los tres PM, no presentaron diferencia estadística significativa ($F = 1.87$; $GL = 2$; $P = 0.2334$) (Figura 3), ni entre meses de muestreo ($F = 0.61$; $GL = 2$; $P = 0.5762$), pero aritméticamente el mayor promedio se determinó en el PM3 con 1208.43 uS/cm, seguido del PM2 con 1110.59 uS/cm y el PM1 con 1074.20 uS/cm.

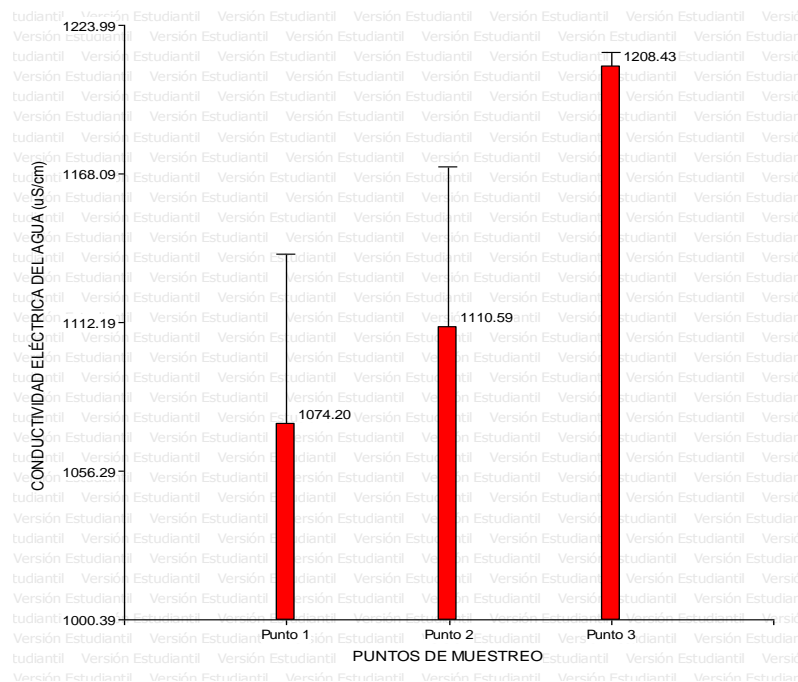


Figura 3. Comparación de los valores promedio de conductividad eléctrica (uS/cm) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Los resultados fueron próximos a los obtenidos por Salazar (2015), quien obtuvo valores de CE de 1024 y 1225 uS/cm, así como a los reportados por Mamani (2007), quien determinó en muestras de agua de reservorio y de caño en el distrito de Huanuara (Tacna), promedios de 1283 uS/cm de CE; sin embargo fueron superiores a los reportados por Quispe (2010), quien el Aplao (Arequipa) determinó valores de CE promedio de 726.5 uS/cm y los valores obtenidos Vilca (2011), en la localidad de Vilque (Puno), reportó en la fuente de manantial valores de CE promedio de 185 μ S/cm, en el reservorio 178 μ S/cm y en el agua domiciliar una CE de 171.67 μ S/cm. A ello fueron inferiores a los reportados por Baccaro *et al.* (2006), quienes reportaron valores promedios de CE de 1500 μ S/cm en muestras de agua para consumo humano en Argentina y

los obtenidos por Oruna (2010), quien, al evaluar el agua potable de la ciudad de Puno, reportó valores de CE entre 2.41 – 1646 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La CE por encima de los 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indica una concentración de solutos elevada, asimismo indica una posible contaminación con nitratos, ya que existen niveles altos de asociación entre la conductividad eléctrica y los nitratos, pudiendo originar metahemoglobinemias, que es una enfermedad mortal para los lactantes (González *et al.*, 2007), asimismo, la CE se encuentra primariamente determinada por la geología del área de procedencia o emergencia del manantial, asimismo, un cuerpo acuático puede elevar su CE al contaminarse con las descargas de aguas residuales debido al aumento de la concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} y otros iones (Tortora *et al.*, 2007).

Según Tapia (2002), la CE de nuestros sistemas continentales generalmente es baja, variando entre 50 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por debajo o encima de estos valores pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados, asimismo se indica que algunos efluentes industriales pueden llegar a tener más de 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por tal motivo la CE es una medida útil como indicador de la calidad de aguas dulces, y puede ser utilizado como línea de base para comparaciones con otras determinaciones puntuales de contaminación (Neira, 2006), en tal sentido, las medidas de CE del agua se utilizan como parámetro para evaluar la cantidad de sólidos disueltos totales (TDS, por su sigla en inglés) y la dureza del agua.

4.1.3 Dureza total

Las muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, presentaron valores de dureza total que oscilaron entre 259.00 y 263.04 $\text{mg}/\text{L CaCO}_3$ y un promedio de 261.16 $\text{mg}/\text{L CaCO}_3$ en el PM1, entre 260.00 y 269.30 $\text{mg}/\text{L CaCO}_3$ con un promedio de 264.58 $\text{mg}/\text{L CaCO}_3$ en el PM2, y entre 258.00 y 293.84 $\text{mg}/\text{L CaCO}_3$ con un promedio de 273.11 $\text{mg}/\text{L CaCO}_3$ en el PM3 (Tabla 8). De las muestras evaluadas, ninguna supera el límite máximo permisible (LMP) (Figura 4).

Tabla 8. Valores de dureza total (mg/L CaCO₃) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses	Puntos de muestreo			LMP mg/L
	PM1	PM2	PM3	
2017				
Agosto	259.00	260.00	258.00	500
Setiembre	263.04	264.44	293.84	
Octubre	261.43	269.30	267.48	
Promedio	261.16	264.58	273.11	
DE	2.03	4.65	18.57	
CV (%)	0.78	1.76	6.80	

Los valores de dureza total de los tres PM, no presentaron diferencia estadística significativa ($F = 0.92$; $GL = 2$; $P = 0.4484$) (Figura 4), ni entre meses de muestreo ($F = 1.53$; $GL = 2$; $P = 0.2898$), pero aritméticamente el mayor promedio se determinó en el PM3 con 273.11 mg/L CaCO₃, seguido del PM2 con 264.58 mg/L CaCO₃ y el PM1 con 261.16 mg/L CaCO₃.

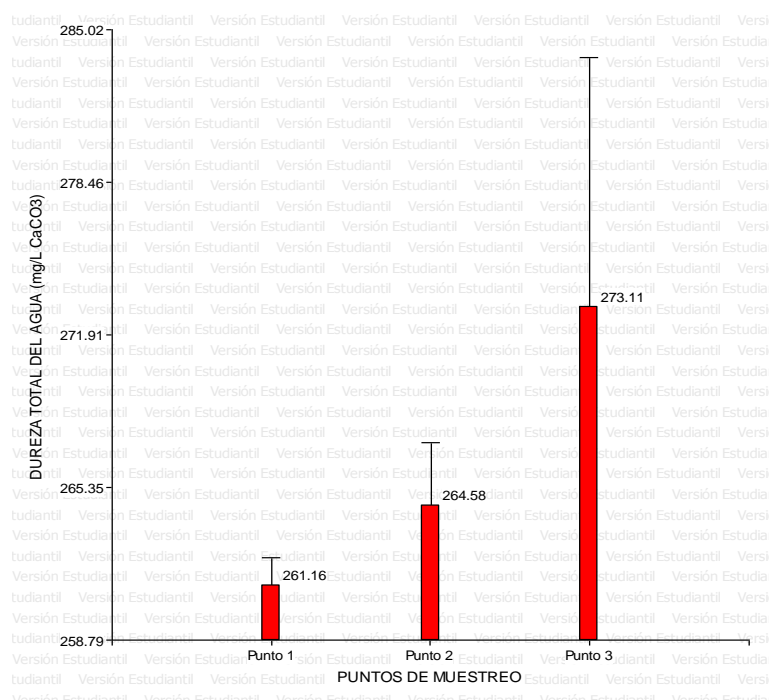


Figura 4. Comparación de los valores promedio de dureza total (mg/L CaCO₃) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, fueron análogos a los reportados por Mamani (2007), ya que en reservorios y en caños del distrito de Huanuara (Tacna), reportó valores de dureza total de 300 mg/L y superiores a los obtenidos por Oruna (2010), en muestras de agua de la ciudad de Puno, registrando cifras de dureza total que oscilaron entre 44.15 – 166.00 mg/L y a los datos obtenidos por Vilca (2011), al estudiar el agua de consumo humano en la localidad de Vilque (Puno), obteniendo valores promedio de 185 mg/l en manantial, 178 mg/L en reservorio y de 171.67 mg/L en agua domiciliaria.

Por otro lado, los resultados fueron inferiores a los de Quispe (2010), quien en agua de consumo humano de Aplao (Arequipa), reportó cifras de dureza total promedio de 726.5 mg/L, y a los indicados por Baccaro *et al.* (2006), quienes presentaron promedios de dureza total de 400 mg/L en aguas de consumo humano en Argentina, y a los valores emitidos por Gonzáles *et al.* (2007), quienes en fuentes de agua de consumo humano en comunidades en Nicaragua, obtuvieron promedios de dureza total de 700 mg/L.

Según Barrenechea (2015), indica que la dureza total posiblemente no tenga efectos adversos sobre la salud, pero si se utiliza para el lavado ya que origina el mayor consumo de jabón y detergente durante el lavado, asimismo la dureza puede variar según las características del suelo del cual emerge el manantial (Baccaro *et al.*, 2006), debido a la presencia de creta, caliza y rocas impermeables como el granito (Doria *et al.*, 2009).

El agua clasificada como dura puede regresar a ser blanda, con el agregado de carbonato de sodio o potasio, para precipitarlo como sales de carbonatos, o por medio de intercambio iónico con salmuera en presencia de zeolita o resinas sintéticas (Baird y Cann, 2014), así como también puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación de precipitados formados por filtración (Romero, 2009) y si en caso no se baja la dureza total, la población consumidora puede estar expuesta a la formación de cálculos en las vías urinarias, causando dolor, hemorragia, obstrucción del flujo de la orina o una infección (Henry y Heinke, 1999; Mora *et al.*, 2000).

A pesar de que los beneficios y consecuencias de la dureza total en la salud pública son todavía un tema de discusión, es importante razonar de que el cuerpo humano necesita el calcio para los huesos y el magnesio para los procesos metabólicos, pero en exceso producen asperezas en la piel y/o endurecimiento de los cabellos hasta llegar a los cálculos renales, incrementar la incidencia de los ataques cardíacos u originar anomalías del sistema nervioso, hasta inclusive varios tipos de cáncer (Rodríguez, 2009), concluyéndose que en cuanto a la dureza total y la presencia de calcio y magnesio en el agua, son parámetros que se deben controlar, ya que su valoración determina su aptitud para el consumo humano, ya que los iones de calcio y magnesio elevados llegan a producir problemas cardiovasculares y sabores indeseados en el líquido (Pérez, 2016).

4.1.4 Cloruros

Las muestras de agua evaluadas, presentaron valores de cloruros que oscilaron entre 45.10 y 48.80 mg/L y un promedio de 46.88 mg/L en el PM1, entre 40.80 y 49.00 mg/L con un promedio de 45.99 mg/L en el PM2, y entre 42.50 y 49.30 mg/L con un promedio de 45.54 mg/L en el PM3 (Tabla 9). De las muestras evaluadas, ninguna supera el límite máximo permisible (LMP) de 250 mg/L (Figura 5).

Tabla 9. Valores de cloruros (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses 2017	Puntos de muestreo			LMP mg/L
	PM1	PM2	PM3	
Agosto	48.80	49.00	49.30	250
Setiembre	45.10	40.80	42.50	
Octubre	46.75	48.17	44.82	
Promedio	46.88	45.99	45.54	
DE	1.85	4.510	3.46	
CV (%)	3.95	9.810	7.59	

Los valores de cloruros de los tres PM, no presentaron diferencia estadística significativa ($F = 0.12$; $GL = 2$; $P = 0.8910$), pero sí entre los meses de muestreo ($F = 11.71$; $GL = 2$; $P = 0.0085$), donde el mes con el mayor valor de cloruros se determinó en el mes de agosto, luego octubre y finalmente setiembre, entre los meses de agosto y setiembre existió diferencia estadística significativa al aplicar la prueba de Tukey.

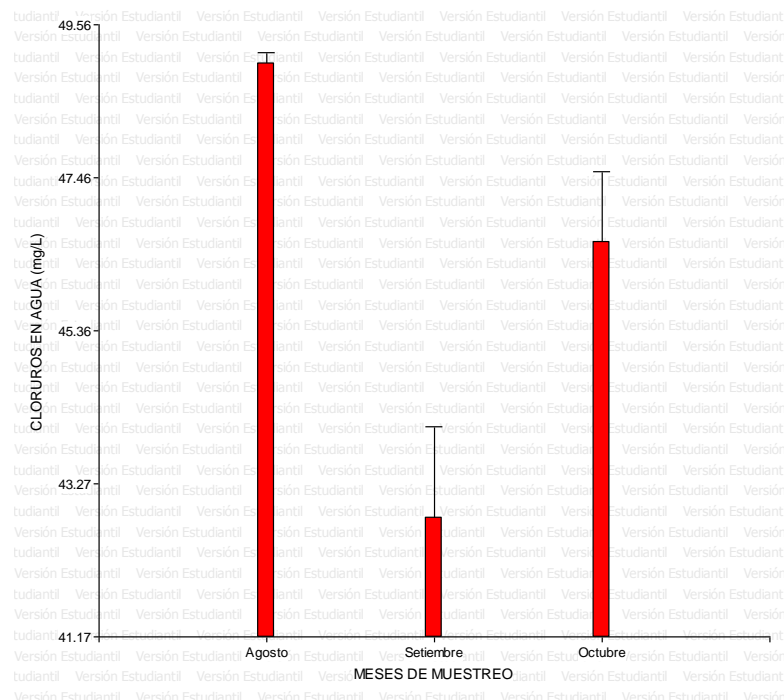


Figura 5. Comparación de los valores promedio de cloruros (mg/L) por meses en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Con respecto a otros autores, los valores reportados en ésta investigación son superiores a los manifestados por Oruna (2010), quien reporta cifras que oscilaron entre 11.98 – 319 mg/L, en muestras de agua potable de la ciudad de Puno y Vilca (2011), con valores que fluctúan entre 8.33, 6.8 y 6.81 mg/l, en muestras de manantial, reservorio y agua domiciliaria respectivamente; por otro lado Mamani (2007), menciona valores de 165 mg/L en muestras de agua de reservorio y de caño en el distrito de Huanuara (Tacna), Quispe (2010), que en la ciudad de Aplao (Arequipa) reportó promedio de 81.2 mg/l, Baccaro *et al.*

(2006), quienes reportaron valores promedios de cloruros de 200 mg/l en muestras de agua para consumo humano en Argentina, Gonzáles *et al.* (2007), quienes en fuentes de agua de consumo humano en comunidades en Nicaragua, obtuvieron promedios de cloruros de 350 mg/l, todos ellos resultaron superiores a los mencionados en esta investigación.

La máxima concentración permisible de cloruros en el agua potable es de 250 ppm, y fue establecido ya que, si supera esos valores, el agua pierde su sabor característico y por razones sanitarias (Baird y Cann, 2014), las mediciones de cloruros en el agua son útiles también, si en caso se desea utilizar para el riego de cultivos, en las evaluaciones de contaminación de aguas, debido a que procedería de uso industrial, asimismo las letrinas será rica en cloruro, podrían contaminar las fuentes de aguas como los pozos y los manantiales, debido a su presencia en la orina del hombre (Romero, 2009), confirmándose con lo manifestado por Fernández y Fernández (2007), en cuerpos de agua con altos contenidos de cloruros se debería a que estarían cercanos al mar, la presencia de contaminación fecal ocasionada por vertimientos de aguas residuales sólidos y líquidos (Doria *et al.*, 2009).

Los análisis de cloruros son un parámetro muy importante porque todas las aguas naturales contienen este componente, sin embargo, se debe verificar su concentración dado que puede dañar la salud (Pérez, 2016), por otro lado, no obstante, las bajas concentraciones, es algo que no debe causar preocupación ya que no presenta ningún inconveniente en cuanto al consumo humano, su presencia en el agua depende de las características de los terrenos que atraviesan (Melgarejo, 2003).

4.1.5 Sólidos disueltos totales (SDT)

Las muestras de agua evaluadas, presentaron valores de SDT que oscilaron entre 270.00 y 296.00 mg/L y un promedio de 281.26 mg/L en el PM1, entre 260.51 y 316.12 mg/L con un promedio de 284.04 mg/L en el PM2, y entre 269.00 y 279.48 mg/L con un promedio de 272.75 mg/L en el PM3 (Tabla 10). De las muestras evaluadas, ninguna supera el límite máximo permisible (LMP) de 1000 mg/L (Figura 6).

Tabla 10. Valores de SDT (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses 2017	Puntos de muestreo			LMP mg/L
	PM1	PM2	PM3	
Agosto	270.00	260.51	269.00	1000
Setiembre	296.00	316.12	269.76	
Octubre	277.78	275.49	279.48	
Promedio	281.26	284.04	272.75	
DE	13.34	28.77	5.84	
CV (%)	4.74	10.13	2.14	

Los valores de SDT de los tres PM, no presentaron diferencia estadística significativa ($F = 0.30$; $GL = 2$; $P = 0.7516$), ni entre los meses de muestreo ($F = 3.00$; $GL = 2$; $P = 0.1247$), pero el mayor valor de SDT se determinó en el PM2, luego en el PM1 y el PM3.

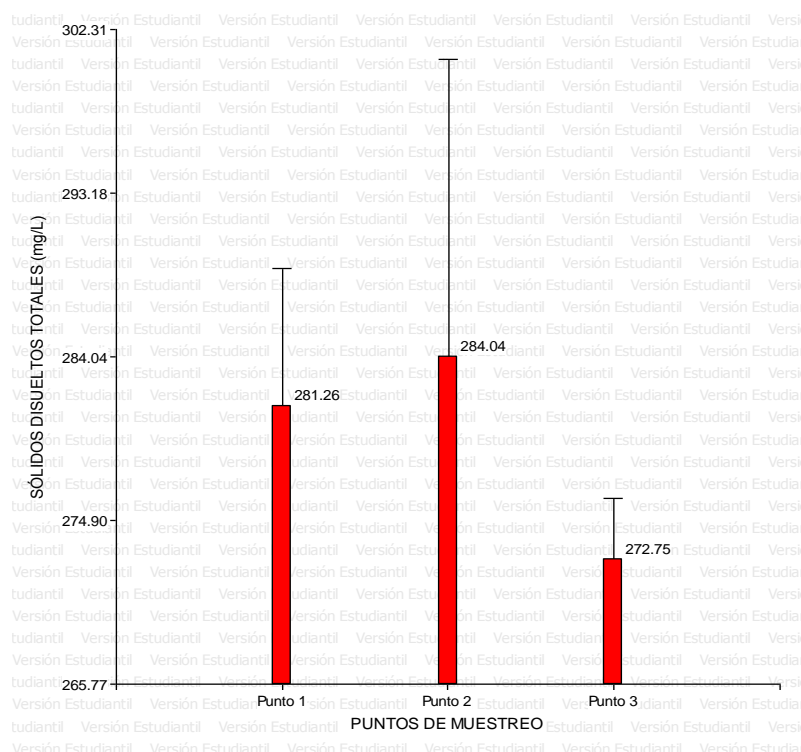


Figura 6. Comparación de los valores promedio de SDT (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Los valores de SDT resultaron muy superiores a los reportados por Vilca (2011), al registrar valores promedios de 85.93, 80.90 y 73.7 mg/L de SDT, en muestras de manantial, reservorio y agua domiciliaria de Vilque respectivamente e inferiores a los reportados por Mamani (2007), quien determinó cifras de SDT de 637.3 mg/L en muestras de agua de reservorio y de caño en el distrito de Huanuara (Tacna), a los de Oruna (2010), quien obtuvo valores de SDT que oscilaron entre 352.00 – 1613 mg/L, en el agua potable de la ciudad de Puno, asimismo a los indicados por Quispe (2010), quien al analizar el agua de consumo humano en la ciudad de Aplao (Arequipa) reportó valores de 397.6 mg/L.

Los SDT lo conforman las sales inorgánicas (calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y cantidades bajas de materia orgánica disueltas en agua, y éste varían según las características geológicas del lugar de emergencia (Ecofluidos Ingenieros, 2012), y son materia menor a 2 micras y traspasan los filtros tradicionales y cuando están elevados, originan en el agua una apariencia turbia y se altera el sabor, originando irritación gastrointestinal al beberla (Baird y Cann, 2014).

Contrariamente a los manifestado en esta investigación, Zamora *et al.* (2008), reporta valores de SDT de 399 mg/l en muestras de aguas residuales, siendo estos muy próximos a los obtenidos en esta investigación, mientras que valores muy elevados indican presencia de sustancias contaminantes, tal como lo manifiesta Donaires *et al.* (2005), quienes reportan valores de 930 mg/l en muestras de agua de la bahía interior de Puno, estos valores fueron superados a los promedios presentados en esta investigación.

4.1.6 Sulfatos

Las muestras de agua evaluadas, presentaron valores de sulfatos que oscilaron entre 16.10 y 16.83 mg/L y un promedio de 16.36 mg/L en el PM1, entre 15.25 y 17.49 mg/L con un promedio de 16.33 mg/L en el PM2, y entre 15.43 y 17.30 mg/L con un promedio de 16.41 mg/L en el PM3 (Tabla 11). De las muestras evaluadas, ninguna supera el límite máximo permisible (LMP) de 250 mg/L (Figura 7).

Tabla 11. Valores de sulfatos (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses	Puntos de muestreo			LMP mg/L
	PM1	PM2	PM3	
2017				
Agosto	16.10	16.25	16.50	250
Setiembre	16.15	15.25	17.30	
Octubre	16.83	17.49	15.43	
Promedio	16.36	16.33	16.41	
DE	0.41	1.12	0.94	
CV (%)	2.49	6.87	5.72	

Los valores de sulfatos en los tres PM, no presentaron diferencia estadística significativa ($F = 0.01$; $GL = 2$; $P = 0.9937$), ni entre los meses de muestreo ($F = 0.15$; $GL = 2$; $P = 0.8668$), pero el mayor valor de sulfatos se determinó en el PM3, luego en el PM1 y el PM2 (Figura 7).

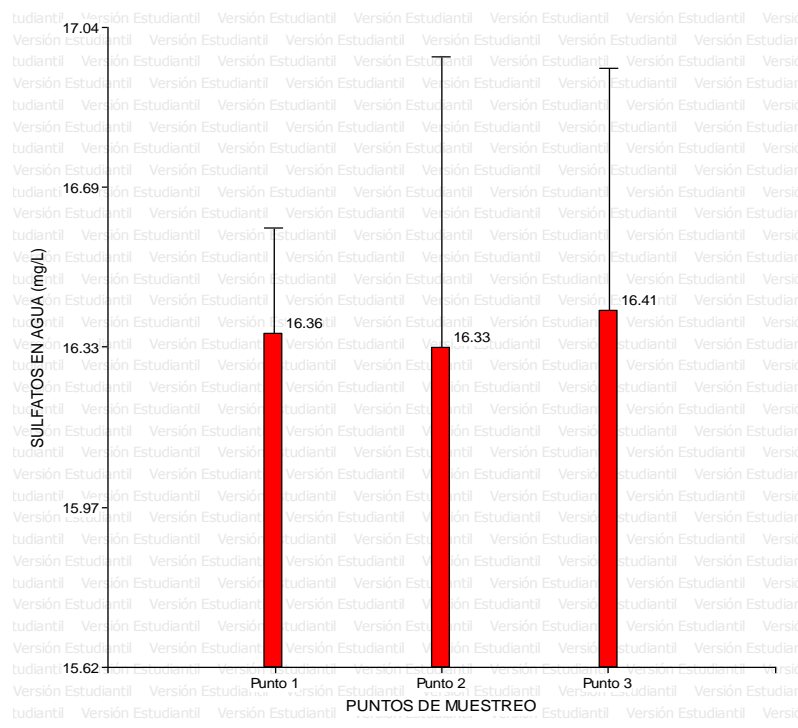


Figura 7. Comparación de los valores promedio de sulfatos (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Contrastando con los resultados de Mamani (2007), determinó valores promedios de 296 mg/L en muestras de agua de reservorio y de caño en el distrito de Huanuara (Tacna), Oruna (2010), quien reporta contenidos de cloruros de 7.8 – 1550 mg/l, en el agua potable de la ciudad de Puno, Quispe (2010), quien en la ciudad de Aplao (Arequipa) encontró valores de sulfatos promedio de 401.6 mg/l, Baccaro *et al.* (2006), quienes reportaron valores promedios de sulfatos de 200 mg/l en muestras de agua para consumo humano en Argentina y Gonzáles *et al.* (2007), en Nicaragua obtuvieron promedios de sulfatos de 358 mg/l, todos éstos antecedentes fueron superiores a los reportados en esta investigación, por lo que se podría afirmar que las aguas del Sistema de Abastecimiento de la EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, son aptas para el consumo humano desde el punto de vista fisicoquímico, los parámetros evaluados no superaron los LMP de la norma vigente.

Fernández y Fernández (2007), indican que la composición química de las aguas subterráneas utilizadas para consumo humano, dependerán de los factores bióticos y abióticos como las fuentes de alimentación de los acuíferos, las infiltraciones de las precipitaciones atmosféricas, la lixiviación, erosión y meteorización de las rocas adyacentes y la actividad antrópica, añadiéndose la contaminación fecal que es ocasionada por vertimientos de aguas residuales sólidos y líquidos (Orozco *et al.*, 2003), asimismo la presencia de terrenos ricos en yesos, la contaminación con aguas residuales industriales, donde los contenidos superiores a 300 mg/l pueden causar trastornos gastrointestinales en los niños (Wilson *et al.*, 2007), efecto laxante a causa de sulfatos de sodio y magnesio (Guzmán, 2011), un dato muy importante es que el origen del sulfato serían las lluvias, ya que poseen ácido sulfúrico proveniente del dióxido de azufre presente en la atmósfera (Arboleda, 2000).

Los sulfatos, así como otras sustancias inorgánicas, también ejercen un poder incrustante, la importancia de evaluación en usos industriales, como es el caso del agua para calderas, caso contrario disminuiría su efectividad y, su tiempo de vida (Orozco *et al.*, 2005), asimismo, la descomposición de materia orgánica puede incrementar los niveles de sulfatos, en razón de que las bacterias afines al sulfato se activan (Aguilera *et al.*, 2010), mediante el proceso fisiológico

de que las bacterias toman el oxígeno de los sulfatos formando sulfuro de hidrógeno, el cual es un compuesto de olor desagradable y altamente tóxico que elimina muchos organismos del medio, excepto las bacterias anaeróbicas del ecosistema (Guevara y Ortiz, 2009).

Luego de evaluar los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de la ciudad de Azángaro, se acepta la hipótesis planteada que si cumplen con los requisitos de la calidad fisicoquímico establecidos por las Normas vigentes nacionales.

4.2 Carga de bacterias heterótrofas, coliformes totales y fecales del agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro.

4.2.1 Bacterias heterotróficas (BH)

Las muestras de agua evaluadas, presentaron recuentos de BH solo en el PM1, valores que oscilaron entre 322 y 732 UFC/mL con un promedio de 222.54 UFC/mL (Tabla 12), los demás PM no se cuantificó carga microbiana. De las muestras evaluadas, en el PM1 la muestra colectada en el mes de setiembre del año 2017, superó el LMP de 500 mg/L, los dos restantes se encuentran por debajo de los LMP (Figura 8).

Tabla 12. Valores de bacterias heterotróficas (UFC/mL) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses	Puntos de muestreo			LMP UFC/ml
	PM1	PM2	PM3	
2017				
Agosto	322	0.00	0.00	500
Setiembre	377	0.00	0.00	
Octubre	732	0.00	0.00	
Promedio	477.00	0.00	0.00	
DE	222.54	0.00	0.00	
CV (%)	46.65	0.00	0.00	

Los valores de Bacterias Heterótrofas (UFC/ml), en los tres PM, presentaron diferencia estadística significativa ($F = 59.19$; $GL = 2$; $P = 0.0001$), pero el mayor

valor se determinó en el PM1, luego en el PM2 y el PM3 (Figura 8).

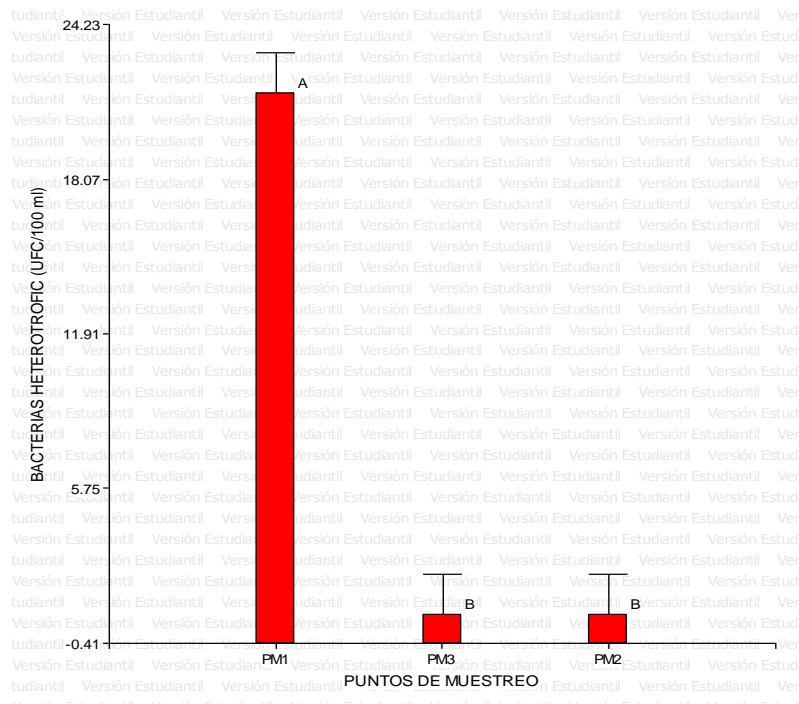


Figura 8. Comparación de los valores promedio de Bacterias Heterótrofas (mg/L) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Las bacterias heterotróficas se encuentran presentes en casi todos los cuerpos de agua y se constituyen en un grupo de bacterias ambientales de amplia distribución, se constituyen en indicadores de la eficacia de los procedimientos de tratamiento como de la desinfección (Marchand, 2002), la presencia de estos microorganismos, se debería a la existencia de fugas y filtraciones entre los lugares donde se almacenan y distribuyen el agua en el interior de los inmuebles (Flores *et al.*, 1995), genera gran preocupación con respecto a la salud humana, ya que las bacterias heterotróficas utilizan el carbono orgánico como fuente de nutrientes, la mayoría de bacterias heterotróficas generalmente no patógenas, incluyendo a *Legionella* spp., *Micobacterium* spp., *Pseudomonas* spp., y *Aeromonas* spp., pudiendo ser patógenas oportunistas (Chaidez, 2002). Las bacterias heterotróficas fueron aisladas en el PM1, inclusive una de ellas superó el LMP, se debería a que el PM1 es el punto donde se junta el agua y productos de las infiltraciones, son indicadores de la calidad (De la Cruz, 2010),

por otro lado, también es utilizado para monitorear el tratamiento y la desinfección del agua (García y Iannacone, 2014).

Los sistemas de distribución, el aumento de los recuentos de BH puede indicar un deterioro de la limpieza, debido a biopelículas (Delgado y Morales, 2015), entre los agentes patógenos se mencionan a *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Moraxella*, *Serratia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas*; no se demostró que estén asociados a infecciones del aparato digestivo en la población general por la ingestión de agua de consumo (Ashbolt *et al.*, 2001).

4.2.2 Coliformes totales (CT) y fecales (CF)

Las muestras de agua evaluadas, presentaron recuentos de CT principalmente en el PM1 y en los tres PM sólo durante el mes de agosto, en el PM1, los valores variaron entre 4 y 24 NMP/100 mL con un promedio de 14.33 NMP/100 mL (Tabla 13), los demás PM solo presentaron en el mes de agosto con 9 y 4 NNMP/100 mL respectivamente. De las 09 muestras evaluadas, en los meses de agosto y setiembre no se obtuvieron recuentos en los PM2 y PM3, mientras que todos los PM positivos superaron el LMP de 0.00 mg/L (Figura 9).

Tabla 13. Valores de bacterias coliformes totales (NMP/100 mL) en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Meses 2017	Puntos de muestreo			LMP NMP/100 ml
	PM1	PM2	PM3	
Agosto	15	9	4	0
Setiembre	4	0	0	
Octubre	24	0	0	
Promedio	14.33	3.00	1.33	
DE	10.02	5.20	2.31	
CV (%)	69.88	0.00	0.00	

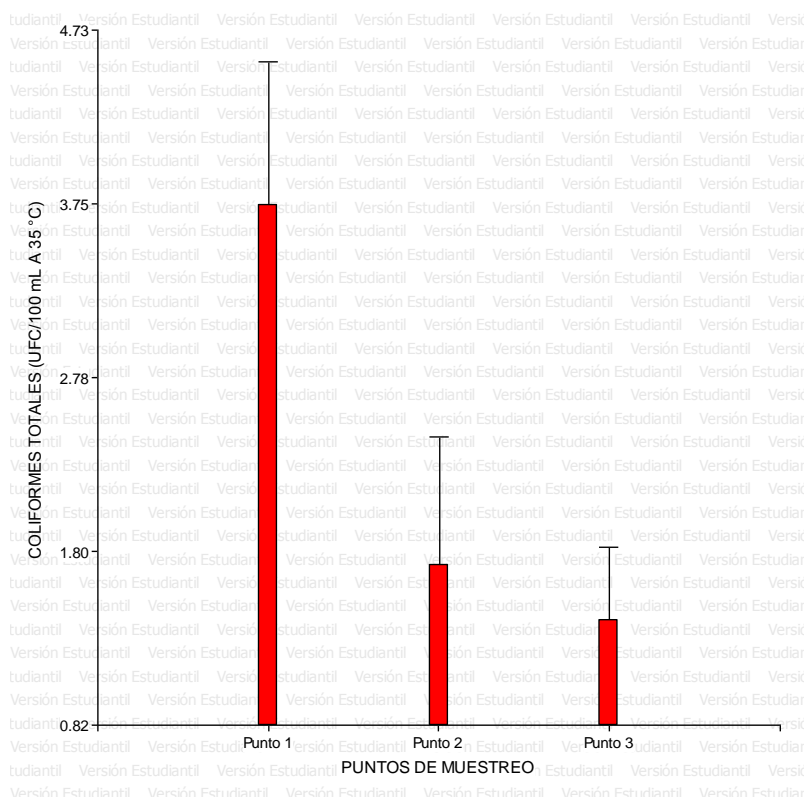


Figura 9. Comparación de los valores promedio de coliformes totales, en muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, evaluados durante los meses de agosto a octubre del año 2017.

Los resultados obtenidos con respecto a los recuentos de CT, estuvieron por debajo de la carga bacteriana reportada en las aguas de la zona de captación de agua de EMSA – Puno (lago Titicaca, sector Chimu), ya que presentaron valores que fluctuaron entre 60 y 284 UFC/100 mL, pero difieren con respecto a la carga de CF, en esta investigación no se encontró estas bacterias pero las CF oscilaron entre 1 a 280 UFC/mL (Paredes, 2013), la cual debe recibir el tratamiento para cumplir con los LMP emanados en la normatividad vigente, asimismo son semejantes a los resultados presentados por Salazar (2015) quien no reporta bacterias CT, pero si CF en una de sus muestras de agua potable en la ciudad de Juliaca.

Por otro lado, la DIGESA y SEDAPAL(2011) utiliza las aguas del río Rímac para abastecer a la ciudad de Lima, en esta fuente reportó elevado número de microorganismos con resultados de 49000 UFC/100 mL, esta diferencia se debería a que las muestras procedieron de las aguas del río Rímac, y como se

sabe este río vienen siendo contaminadas y alteradas su composición física, química y biológica debido principalmente a diferentes actividades antrópicas que realizan en el trayecto del río, tales como la contaminación por aguas residuales o estar próximas a ellas, en razón de que la principal bacteria presente en el colón humano y por ende en las heces humanas, representado por la *Escherichia coli*, habitante natural de las heces y el tracto digestivo del hombre y los animales de sangre caliente (Zamora *et al.*, 2008; Fontúrbel, 2005).

El recuento de bacterias heterotróficas en muestras de agua y el recuento de bacterias coliformes fecales, cumplen con lo emanado en las normas nacionales vigentes, por tanto, se acepta la hipótesis planteada; mientras que, con respecto a la carga bacteriana de coliformes totales, los valores superan los LMP emanados en la norma, por tanto se rechaza la hipótesis planteada.

V. CONCLUSIONES

- Las muestras de agua del sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro, cumplen con los límites máximos permisibles de los parámetros de calidad organoléptica emanados en Decreto Supremo No. 031-2010-SA, donde el pH, la Conductividad eléctrica, la concentración de cloruros, los Sólidos disueltos totales y los sulfatos, se encuentran por debajo del Límite máximo permisible, siendo aptas para el consumo humano desde el punto de vista fisicoquímico.
- Las muestras de agua del sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro, no cumple con los límites máximos permisibles de los parámetros microbiológicos y parasitológicos emanados en el Decreto Supremo No. 031-2010-SA, ya que en el recuento de Bacterias heterótrofas, superan los 500 UFC/mL de agua, asimismo el recuento de coliformes totales superan las 0 NMP/100 mL y tan solo cumple con la normatividad la ausencia de Coliformes fecales en las muestras de agua, no siendo aptas para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico, por lo que se debería de mejora con el sistema de potabilización de agua para el consumo humano de la localidad de Azángaro.
- Por tanto en la investigación se llegó a la conclusión que la calidad fisicoquímica es apta para el consumo humano, con excepción a la dureza según la clasificación de la OMS, son muy duras, mientras que calidad microbiológica del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Azángaro es no apta para el consumo humano.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios para determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en etapas de tratamiento de la planta de potabilización y/o en los tanques de almacenamiento temporales del agua a suministrar, con el fin de obtener información que lleve al punto donde inicia el problema.
- A la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del MINSA, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), realizar estudios de evaluaciones microbiológicas y físico - químicas mensuales y según épocas de año (seca y lluviosa), en razón de que los resultados del presente estudio no reflejen las variaciones en la calidad del agua en la ciudad de Azángaro.

VII. REFERENCIAS

- Acosta, S. Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos/ Environmental Sanitation and food hygiene. Córdoba – Argentina: 2da ed. Editorial brujas. Impresa en Córdoba. 2008.
- Aguilera I., Pérez R. y Marañón A. *Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. Validación del método.* Cuba: Rev. Cub. Qca.. Vol. 22 (3). 2010.
- Arboleda J. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia: Ed. McGraw Hill. p. 31. 2000.
- Ashbolt N., Grabow W. y Snozzi M. Calidad del agua: Directrices, normas y - Evaluación de la salud y gestión del riesgo para las enfermedades infecciosas relacionadas con el agua. Serie de monografías de la OMS sobre el agua. Londres (Reino Unido). 2001.
- Baird C. y Cann M. Química ambiental. Segunda edición. Editorial Reverté. Barcelona – España. 776 p. 2012.
- Barrenechea, A. (2015). *Aspectos físico químicos de la calidad del agua.* Documento on line. Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomol/uno.pdf>. Fecha de revisión: 10 de Julio del 2015.
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E. & Ancheoli, Y. Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar de Plata. Rev. Investigaciones Agropecuarias. Argentina. Vol. 35, No. 3. 2006.
- Bartram, J. Recuento de placas heterotróficas y seguridad del agua potable: la importancia de las HPC para la calidad del agua y la salud humana. Serie de la OMS Emergentes en Agua y Enfermedades Infecciosas. Londres (Reino Unido), publicación IWA. 2003.
- Calsin K. Calidad Física, Química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno. 2016.
- Carrillo M. y Salinas A. Manual de laboratorio de análisis químico cuantitativo. Arequipa – Perú: Universidad Santa María. 1988.

- Cutimbo C. Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Facultad de Ciencias, Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología. Tacna- Perú. 2012.
- Chaidez C. Agua embotellada y su calidad bacteriológica. Revista Agua Latinoamérica. Septiembre/Octubre 2002.
- Decreto Supremo No. 031-2010-SA. Parámetros microbiológicos, parasitológicos y organolépticos del agua potable.
- De la Cruz A. Investigación evaluativa de indicadores microbiológicos ambientales alternativos para el aseguramiento del agua de consumo humano en Azuero. Universidad del Mar de Chile. Programa de Doctorado en Investigación. Mención Ciencias Ambientales. 2010.
- Delgado S. y Morales F. Detección de *Pseudomonas aeruginosa* y bacterias heterótrofas de aguas envasadas en botellas y bolsas destinadas al consumo humano, comercializadas en la ciudad de Managua en el período diciembre 2014 a enero 2015. Tesis de Licenciatura en Bioanálisis Clínico. Instituto Politécnico de la Salud, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 62 p. 2015.
- DIGESA, Dirección General de Salud. Determinación mediante un análisis – químico de la calidad de agua potable. 2006.
- DIGESA Y SEDAPAL. Evaluación de muestras de agua del río Rímac. Lima – Perú. 120 p. 2011.
- DIGESA – MINSA PERÚ. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud. Lima – Perú. 46 p. 2011.
- Doria, C., Daza, A., Deluque, H., López, A. y Serna, J. Caracterización físico – química y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del Complejo Carbonífero Cerrejón, La Guarija – Colombia. Territorios semiáridos del Caribe y Fundación Carrejón para el agua en la Guarija. 2009.
- Donaires T., Zamalloa W. y Salas Del Pino M. El lago Titicaca: síntesis del conocimiento actual. Artículo de investigación. Conferencia

- Internacional: Usos múltiples del agua para la vida y el desarrollo sostenible. 4 p. 2005.
- ECOFLUIDOS INGENIEROS S. A. Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. Informe Final. Contrato No. PE/CNT/1100260.001, Lima – Perú. 105 p. 2012.
- Estupiñan S. y Ávila S. Calidad físico – química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, cundinamarca, Colombia; Revista Nova – Publicación Científica en ciencias Biomédicas. Vol. 8 (14). 2010.
- Fernández M. y Fernández O. Evaluación de la calidad físico – química y bacteriológica del agua subterránea en pozos criollos del municipio de Moa. Rev. de Minería y Geología. Vol. 23 (4). 2007.
- Flores J., Suárez G., Franco M., Heredia M. y Vivas M. Calidad Bacteriológica del Agua potable de la Ciudad de Mérida, México. Salud Pública de México. Vol 37 (3) pp.236-239. 1995.
- Fontúrbel F. Indicadores físicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titicaca (Bolivia). Revista de Ecología Aplicada. Vol. 4, No. 1,2: p. 135 – 141. 2005.
- García L. y Iannacone J. *Pseudomonas aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. The Biologist (Lima). Vol. 12 (1): 133 – 152. 2014.
- González O., Aguirre J., Saugar G., Orozco L., Alvarez G., Palacios K. y Guevara O. 2007. Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural nor este del municipio de León, Nicaragua. Rev. Universitas, Vol. 1, No. 1: p. 7 – 13. 2007.
- Guzmán. G. Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México. México: Rev. Int. Contam. Ambient. Vol. 27 (2). 2011.
- Guevara P. y Ortiz M. *Adaptación a microescala del método potenciométrico con electrodo ión selectivo para la cuantificación de fluoruro*. México. Rev. Int. Contam. Ambient. Vol. 25 (2). 2009.
- Henry, G y Heinke, W. Ingeniería Ambiental. México: 2da ed. Prentice Hall. 1999.
- Mamani E. Análisis físico – químico y biológico del agua para consumo humano

- en el distrito de Huanuara en Tacna. Tacna – Perú: Revista Ciencia y desarrollo. 2007.
- Marchand E. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana. Tesis de Biólogo con mención en Microbiología y Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú. 71 p. 2002.
- Martin y García, M. Contaminación química de aguas para consumo en la periferia urbana de la localidad de Miramar, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Argentina: Revista electrónica de Geografía Austral. 2009. No. 1.
- Melgarejo J. Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada. Editorial Universitat. Barcelona – España. 2003.
- Mora, D., Alfaro, N., Portuquez, C. y Peinador, M. Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica. Costa Rica: Rev. Costarric. Salud Pública. Vol. 9 (17). 2000.
- Neira, M. Dureza en Aguas de Consumo Humano y uso Industrial. Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. 2006.
- Norma Mexicana-AA-093-SFCI. Análisis de agua, determinación de temperatura en aguas naturales, residuales tratadas – método de prueba. México. 2000.
- Norma Mexicana-AA-093-SFCI. Análisis de agua determinación de cloruros totales en aguas naturales, tratadas - Método de prueba. México. 2001.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición. Suiza. 408 p. 2006.
- Orellana J. Características del agua potable. Unidad temática No. 3. Ingeniería Sanitaria UTN – FRRO. Argentina. 7 p. 2005.
- Orozco C., Pérez A., González N., Rodríguez F. y Alfayate J. Contaminación ambiental, una visión desde la química. Editorial Thomson. Madrid – España. 678 p.
- Oruna C. Calidad bacteriológica, física - química del agua potable de la ciudad de Puno. Puno – Perú: Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. 2010.

- Pascual M. y Calderón V. Microbiología alimentaria. Metodología para alimentos y bebidas. Segunda Edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid – España. 2000. 429 p.
- Paredes F. Influencia de las jaulas flotantes de trucha sobre los parámetros físicos, químicos y bacterianos de la calidad de agua de la captación de Chimu de EMSA – Puno. Tesis de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 64 p. 2013.
- Pérez E. Control de calidad en aguas para consumo en la región occidental de Costa Rica. Revista Tecnología en marcha. Vol. 29 (3): 3 – 14. 2016.
- Quispe H. Componentes físico – químicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en aguas de consumo humano de la ciudad de Aplao, Valle de Majes, Arequipa. Puno – Perú: Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. 2010.
- Quispe D. Calidad bacteriológica y físico – química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa – Melgar. Puno – Perú. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. 2017.
- Robles E, Ramírez E., Durán A., Martínez M. y Gonzales M. Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos México. 2013. 4(1) 19 – 18.
- Robert, M. Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. Revista CENIC. Ciencias Biológicas. 2014; 45(1):25-36. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181230079005>
- Rodríguez J. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto (ASADAS) de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. Universidad de Costa Rica. 2009.
- Romero R. *Calidad de aguas*. Colombia: 3ra ed. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009.
- Salazar M. Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca. Puno – Perú: Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del

Altiplano. 2015.

Simanca M., Álvarez, B. y Paternina, R. Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el Municipio de Montería. Revista Temas Agrarios. 2010. Vol. 15 (1).

Soto Y. Calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de Puno – 2012. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano. 2013.

SUNASS, Superintendencia Nacional del Servicios de Saneamiento. La calidad del agua potable en el Perú. Publicación Oficial. SUNASS. Lima – Perú. 259 p. 2004.

Tapia M. Calidad de vida en cuatro zonas del Municipio de Potosí. Bolivia. 2002.

Tortora, G., Berdell, R. & Funke C. Introducción a la microbiología. Buenos Aires – Argentina: 9na ed. Editorial Médica Panamericana. 2007.

Vilca C. Calidad Bacteriológica y Físico – química del agua de consumo humano en la localidad de Vilque. Puno – Perú: Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional del Altiplano. 2011.

Wilson D., Fernández A. y Zayas Y. Desarrollo y validación de un método de valoración anemométrica para la determinación del ion sulfato en muestras de aguas naturales y residuales. Cuba: Rev. Cub. Qca. Vol. 19 (2). 2007.

Zamora F., Rodríguez N., Torres D. y Yendis H. Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, Estado Falcón. Revista Bioagro. Vol. 20, No. 3: p. 193 – 199. 2008.

ANEXOS



Figura 10. Toma de muestra de los puntos establecidos para el análisis respectivo.



Figura 11. Transporte de muestras para hacer el respectivo análisis.



Figura 12. Muestras en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB, 2017.



Figura 13. Plaqueado y preparación de medios de cultivo bacteriano, realizado en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB durante los meses de agosto a octubre del 2017.



Figura 14. Inoculación de muestras en caldo lactosado para recuento de coliformes, realizado en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB durante los meses de agosto a octubre del 2017.



Figura 15. Recuento de BH en cámara cuenta colonias, realizado en el laboratorio de Microbiología de la FCCBB durante los meses de agosto a octubre del 2017.



Figura 16. Determinación del coliformes, laboratorio de FCCBB, 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS

CONSTANCIA

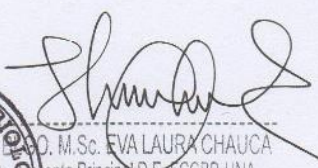
LA JEFE DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (UNA) PUNO HACE CONSTAR QUE:


Que la Sr Br. WAGNER YANA TIPO, egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas, a realizado el análisis bacteriológico de 09 muestras de aguas , del Sistema de Abastecimiento de agua potable de la ciudad de Azángaro, durante los meses de Agosto a Octubre del 2017, como parte de investigación de su Proyecto de tesis intitulado: "CALIDAD FISICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO, PUNO 2017."

Los análisis bacteriológicos fueron realizados bajo la supervisión de esta jefatura.

Se expide el presente para los fines convenientes.

Puno, 12 de Diciembre del 2017.


D. M.Sc. EVA LAURA CHAUCA
Jefente Principal DE FCCBB-UNA
COLBIOP N° 905
JEFE DE LABORATORIO



Certificado de Análisis

L.O - 2017 N°133

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: ZONA DE BOMBEO/M-02
PROCEDENCIA : Reservorio EPS Nor Puno, Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro - Puno
INTERESADO : EPS NOR PUNO - AZÁNGARO - (Wagner Yana Tipo)
MOTIVO : Control de calidad para consumo humano
MUESTREO : 01/07/2017, por el interesado
ANÁLISIS : 01/07/2017
COD. MUESTRA: B - 2111/02

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

pH : 7.69

CARACTERISTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	264.44	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	132.11	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	40.80	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	:	15.25	mg/L
Nitratos como NO ₃ ⁻	:	NEGATIVO	
Calcio como Ca ⁺⁺	:	92.52	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	10.83	mg/L
Sólidos totales	:	316.12	mg/L
Turbidez	:	3	NTU

INTERPRETACIÓN

- 1.- Las características físico-químicas Son normales
- 2.- Las características químicas se encuentran dentro de los límites técnicos establecidos por las normas técnicas.

DICTAMEN

Según las Normas establecidas por los ECA-015-2015-MINAM PERU, El agua analizada se encuentra dentro de los límites establecidos; Por lo tanto: ES APTO para el consumo humano.

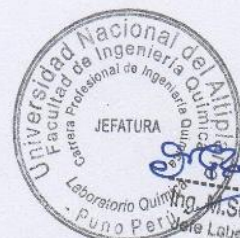
Puno, C.U. 03 de Agosto de 2017.

vºBº



[Signature]

Ing. M. Sc. Edith Tello Palma
DECANA F.I.Q.



[Signature]

Ing. M. Sc. María Rodríguez Melo
Laboratorio Control de Calidad
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
UNA - PUNO

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: GALERIAS FILTRANTES/M-01
PROCEDENCIA : Reservorio EPS Nor Puno, Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro - Puno
INTERESADO : EPS NOR PUNO S.A. - AZÁNGARO (Wagner Yana Tipo)
MOTIVO : Control de calidad para consumo humano
MUESTREO : 01/07/2017, por el interesado
ANÁLISIS : 01 /07/2017
COD. MUESTRA: B - 2111/01

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7.83

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	263.04	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	134.00	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	45.10	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ⁻	:	16.15	mg/L
Nitratos como NO ₃	:	NEGATIVO	
Calcio como Ca ⁺⁺	:	86.08	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	9.41	mg/L
Sólidos totales	:	296.00	mg/L
Turbidez	:	3	NTU

INTERPRETACIÓN

- 1.- Las características físico-químicas Son normales
- 2.- Las características químicas se encuentran dentro de los límites técnicos establecidos por las normas técnicas.

DICTAMEN

Según las Normas establecidas por los ECA-015-2015-MINAM PERU, El agua analizada se encuentra dentro de los límites establecidos; Por lo tanto: ES APTO para el consumo humano.

Puno, C.U. 03 de Agosto de 2017.

VºBº



Edith Tello Palma
 Ing. M. Sc. Edith Tello Palma
 DECANO F.I.Q.



Maria Rodriguez Melo
 Ing. M. Sc. Maria Rodriguez Melo
 Jefa Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO

Certificado de Análisis

L.O - 2017

Nº183

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: ZONA DE BOMBEO/M-02
PROCEDENCIA : Reservoirio EPS Nor Puno, Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro - Puno
INTERESADO : EPS NOR PUNO - AZÁNGARO - (Wagner Yana Tipo)
MOTIVO : Control de calidad para consumo humano
MUESTREO : 01/09/2017, por el interesado
ANÁLISIS : 01/09/2017
COD. MUESTRA : B - 2116/03

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

pH : 7.79

CARACTERISTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	267.48	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	131.79	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	44.82	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ⁼	:	15.43	mg/L
Nitratos como NO ₃	:	NEGATIVO	
Calcio como Ca ⁺⁺	:	89.31	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	9.50	mg/L
Sólidos totales	:	279.48	mg/L
Turbidez	:	4	NTU

INTERPRETACIÓN

- 1.- Las características físico-químicas Son normales
- 2.- Las características químicas se encuentran dentro de los límites técnicos establecidos por las normas técnicas.

DICTAMEN

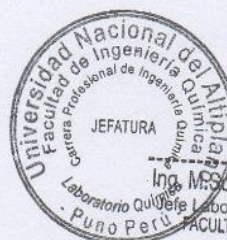
Según las Normas establecidas por los ECA-015-2015-MINAM PERU, El agua analizada se encuentra dentro de los límites establecidos; Por lo tanto: ES APTO para el consumo humano.

Puno, C.U. 06 de Setiembre del 2017.

VºBº



M. Sc. Edith Tello Palma
 DECANA F.I.Q.



Ing. M.Sc. María Rodríguez Melo
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Certificado de Análisis

L.Q - 2017

Nº184

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: GALERIAS FILTRANTES/M-01
PROCEDENCIA : Reservoirio EPS Nor Puno, Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro - Puno
INTERESADO : EPS NOR PUNO S.A. - AZÁNGARO (Wagner Yana Tipo)
MOTIVO : Control de calidad para consumo humano
MUESTREO : 01/09/2017, por el interesado
ANÁLISIS : 01 /09/2017
COD. MUESTRA : B - 2116/02

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

pH : 7.86

CARACTERISTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	261.43	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	137.41	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	46.75	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ⁼	:	16.83	mg/L
Nitratos como NO ₃ ⁻	:	NEGATIVO	
Calcio como Ca ⁺⁺	:	87.00	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	9.54	mg/L
Sólidos totales	:	277.78	mg/L
Turbidez	:	2	NTU

INTERPRETACIÓN

- 1.- Las características físico-químicas Son normales
- 2.- Las características químicas se encuentran dentro de los límites técnicos establecidos por las normas técnicas.

DICTAMEN

Según las Normas establecidas por los ECA-015-2015-MINAM PERU, El agua analizada se encuentra dentro de los límites establecidos; Por lo tanto: ES APTO para el consumo humano.

Puno, C.U. 06 de Setiembre del 2017.

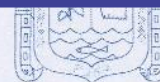
VºBº



Edith Tello Palma
M. Sc. Edith Tello Palma
 DECANA F.I.Q.



Maria Rodriguez Melo
Ing. M.Sc. Maria Rodriguez Melo
 Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Certificado de Análisis

L.Q - 2017

N0175

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: RESERVORIO/M-03

PROCEDENCIA : Reservoirio EPS Nor Puno S.A. Distrito de Azángaro, Provincia de Azángaro - Puno

INTERESADO : EPS Nor Puno S.A. - Azángaro (Wagner Yana Tipo)

MOTIVO : Control de calidad para consumo humano

MUESTREO : 01/09/2017, por el interesado

ANÁLISIS : 01/09/2017

COD. MUESTRA : B - 2116/01

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

pH : 7.58

CARACTERISTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO₃ : 269.30 mg/L

Alcalinidad como CaCO₃ : 149.78 mg/L

Cloruros como Cl⁻ : 48.17 mg/L

Sulfatos como SO₄²⁻ : 17.49 mg/L

Nitratos como NO₃⁻ : NEGATIVO

Calcio como Ca⁺⁺ : 92.44 mg/L

Magnesio como Mg⁺⁺ : 10.93 mg/L

Sólidos totales : 275.49 mg/L

Turbidez : 3 NTU

INTERPRETACIÓN

- 1.- Las características físico-químicas Son normales
- 2.- Las características químicas se encuentran dentro de los límites técnicos establecidos por las normas técnicas.

DICTAMEN

Según las Normas establecidas por los ECA-015-2015-MINAM PERU, El agua analizada se encuentra dentro de los límites establecidos; Por lo tanto: ES APTO para el consumo humano.

Puno, C.U. 06 de Setiembre del 2017.

VºBº



Ing. M. Sc. Edith Tello Palma
DECANA F.I.Q.



Ing. M. Sc. María Rodríguez Melo
Jefa Laboratorio Control de Calidad
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
UNA - PUNO