

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



**CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL RÍO TOROCOCHA**  
**Y SU INFLUENCIA EN LAS AGUAS DE POZO DE LOS**  
**BARRIOS SAN ISIDRO Y SAN JACINTO DE LA CIUDAD**  
**DE JULIACA**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**Br. EDSON ALONSO AGUILAR APAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

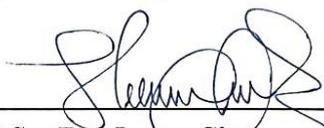
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL RÍO TOROCOCHA Y SU  
INFLUENCIA EN LAS AGUAS DE POZO DE LOS BARRIOS SAN  
ISIDRO Y SAN JACINTO DE LA CIUDAD DE JULIACA

TESIS PRESENTADO:  
**Br. EDSON ALONSO AGUILAR APAZA**  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

<b>PRESIDENTE</b>	:	 <hr/> Dra. María Trinidad Romero Torres
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	:	 <hr/> Dr. Buenaventura Carpio Vásquez
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	:	 <hr/> Dr. Juan José Pauro Roque
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	:	 <hr/> M.Sc. Eva Laura Chauca
<b>ASESOR DE TESIS</b>	:	 <hr/> Dr. César Julio Larico Mamani

Fecha de sustentación: 03 de febrero del 2017

AREA: CIENCIAS BIOMEDICAS  
TEMA: MICROBIOLOGIA DEL AGUA

## DEDICATORIA

*A nuestra Madre Tierra, por ser la fuente de todo el sustento del cual podemos vivir, en la cual se realiza y dignifica nuestro trabajo diario.*

*A mi madre Hermelinda y mi padre Lizardo, por darme la vida y un motivo por el cual vivirla, por su enorme esfuerzo, apoyo y sacrificio incondicional para que siga logrando mis objetivos.*

*A mis Hermanos Brayan, Poul, Enzo, Astrid y Dickson, por su apoyo, confianza, compañía y comprensión diaria.*

*A aquella persona tan especial para mí, que día a día me apoyó en todo para que logre culminar este trabajo y siga en la lucha por nuestros sueños y metas.*

*A mis docentes, que junto a ellos pasé una gran etapa de mi vida en lo personal y profesional.*

## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y a mi querida Facultad, quienes me acogieron en sus aulas durante mi formación profesional.
  
- A los Señores Docentes de la Escuela Profesional de Biología, quienes contribuyeron en mi formación académica.
  
- Mi reconocimiento a los miembros integrantes del jurado calificador: Dra. María Trinidad Romero Torres, Dr. Buenaventura Carpio Vásquez y al Dr. Juan José Pauro Roque, por su apoyo y orientación en esta investigación.
  
- Con gratitud a la M.Sc. Eva Laura Chauca, por su acertada dirección y apoyo intelectual y moral de este trabajo de investigación.
  
- A todas las personas que contribuyeron con toda su voluntad, esfuerzo y dedicación haciendo posible la culminación de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	.....
ÍNDICE DE FIGURAS.....	.....
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.2. Marco teórico .....	16
2.3. Marco conceptual .....	24
III. MATERIALES Y MÉTODO .....	25
3.1. Lugar de estudio .....	25
3.2. Métodos.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Establecimiento de la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, mediante el método del número más probable de coliformes totales, fecales y termotolerantes. ....	33
4.2. Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas de pozo de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca mediante el NMP a distancia de 100 y 200 m respecto al río Torococha. ....	35
4.3. Comparar la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, en relación a las aguas de pozo a 100 y 200 m de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca. ....	47
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. RECOMENDACIONES .....	51
VII. LITERATURA CITADA.....	52
ANEXOS .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Promedio del NMP de bacterias coliformes en aguas del río Torococha según zona de muestreo, Juliaca marzo a junio 2015. ....	33
Tabla 2.	Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Isidro a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015. ....	36
Tabla 3.	Frecuencia de la calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Isidro a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015. ....	38
Tabla 4.	Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Isidro a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca marzo a junio 2015. ....	39
Tabla 5.	Frecuencia de la Calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Isidro a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca, marzo a junio 2015. ....	40
Tabla 6.	Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Jacinto a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015. ....	42
Tabla 7.	Calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Jacinto a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015. ....	43
Tabla 8.	Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Jacinto a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015. ....	44
Tabla 9.	Calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Jacinto a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015. ....	46
Tabla 10.	Calidad bacteriológica del agua en coliformes totales, coliformes fecales y coliformes termotolerantes (NMP/100 ml), según distancia del río Torococha de la ciudad de Juliaca. ....	48
Tabla 11.	Estándares de Calidad Ambiental para Agua Subterránea. ....	60
Tabla 12.	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas superficiales. ....	61
Tabla 13.	Número de muestras para el estudio bacteriológico de aguas. ....	62
Tabla 14.	Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Isidro. ....	62
Tabla 15.	Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Jacinto. ....	63

Tabla 16. Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona1 barrio San Isidro, en pozos ubicados a 100 metros del río Torococha.....	63
Tabla 17. Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Jacinto, en pozos ubicados a 100 metros del río Torococha.....	64
Tabla 18. Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Isidro, en pozos ubicados a 200 metros del río Torococha.....	64
Tabla 19. Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Jacinto, en pozos ubicados a 200 metros del río Torococha.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar de investigación – Juliaca, Puno – Perú.....	26
Figura 2. Ubicación de los 03 puntos dentro de la ciudad de Juliaca, donde se realizó la investigación.....	27
Figura 3. Ubicación del río Torococha en la ciudad de Juliaca. Las flechas rojas indican puntos de muestreo inicial y final, la línea amarilla indica a los pozos ubicados a 100 m y la línea verde indica a los pozos ubicados a 200 m. Fuente: Google maps.....	27
Figura 4. Calidad bacteriológica del agua en coliformes totales, fecales y termotolerantes, (NMP/100 ml) en el río y pozos de agua según distancia al río Torococha en la ciudad de Juliaca 2015.....	48
Figura 5. Tabla del número más probable para coliformes según CEPIS (2012). .....	66
Figura 6. Diagrama de flujo para coliformes.....	67
Figura 7. Zona de muestreo 1, correspondiente al río Torococha en márgenes del barrio San Isidro (Marzo-Agosto, 2015).....	68
Figura 8. Zona de muestreo 2, correspondiente al río Torococha en márgenes del barrio San Jacinto (Marzo-Agosto, 2015).....	68
Figura 9. Algunos de los pozos muestreados de los barrios San Isidro y San Jacinto (Marzo-Agosto, 2015).....	69
Figura 10. Frasco de vidrio esterilizado, para la colecta de muestras. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).....	70
Figura 11. Muestras extraídas de los pozos. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).....	70
Figura 12. Preparación de medio de cultivo (Caldo Lactosado), sometido al calor para homogenizado adecuado. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).....	71
Figura 13. Tubos de ensayo con caldo lactosado estéril, preparados para ser inoculados con las muestras. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).....	71
Figura 14. Tubos inoculados con las muestras de agua del río Torococha y Pozos de los barrios San Isidro y San Jacinto. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).....	72

Figura 15. Incubación de las muestras a 37°C durante 24 horas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 72

Figura 16. Reacción positiva en caldo lactosado, nótese el viraje de coloración. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 73

Figura 17. Reacción positiva en caldo lactosado, nótese el viraje de color, enturbiamiento del medio y presencia de gas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 73

Figura 18. Inoculación de las reacciones positivas, en caldo de bilis verde brillante. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 73

Figura 19. Incubación de las muestras a 42°C durante 24 horas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 73

Figura 20. Reacción positiva en Caldo de bilis verde brillante, Nótese el enturbiamiento del medio de cultivo y la presencia de gas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 74

Figura 21. Inoculación de las reacciones positivas en caldo de bilis verde brillante, en agar EMB, muestra negativa. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 74

Figura 22. Reacción positiva en agar EMB, nótese la coloración verde dorada característica de la presencia de Escherichia coli. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015)..... 74

## RESUMEN

La investigación se realizó en el río Torococha y los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca, provincia de San Román en la región de Puno. Durante los meses de marzo a agosto del 2015. Los objetivos fueron: 1) Determinar la calidad bacteriológica del río Torococha 2) Establecer la calidad bacteriológica de las aguas de pozo de los barrios San Isidro y San Jacinto 3) Comparar la calidad bacteriológica del río Torococha en relación a las aguas de pozo. La metodología utilizada fue la estandarizada por CEPIS, del número más probable (NMP) y para establecer la comparación se utilizó los estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas superficiales y subterráneas; el método estadístico fue el de análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de rango múltiple de Duncan. Los resultados obtenidos para el río Torococha zona I (inicio) fueron: coliformes totales 11000 NMP/100 ml, coliformes fecales 2000 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 115 NMP/100 ml, en la zona II (final) fueron: coliformes totales 11000 NMP/100 ml, coliformes fecales 3350 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 200 NMP/100 ml, las cuales superan el ECA para ríos de la sierra (coliformes totales 3000 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 2000 NMP/100 ml). De la misma modo el contenido bacteriano de los pozos situados a 100 m de distancia del río, fueron: coliformes totales 4925 NMP/100 ml, coliformes fecales 661 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 20.5 NMP/100 ml; los valores obtenidos para los pozos situados a 200 m fueron: coliformes totales 3969 NMP/100 ml, coliformes fecales 98 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 17 NMP/100ml, estos valores superan el ECA para agua subterránea (coliformes totales 3 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 0 NMP/100 ml). De acuerdo a la prueba de análisis de varianza ANDEVA, se encontró diferencia estadística significativa ( $P = 0.05$ ) para la calidad bacteriológica de aguas analizadas del río Torococha y los barrios San Isidro y San Jacinto respecto al contenido de coliformes fecales y coliformes termotolerantes, por lo tanto la calidad bacteriológica del agua del río Torococha es mayor que la de los pozos y todas las muestras tanto del río como la de pozos presentan calidad bacteriológica deficiente, debido a que superan los rangos de los estándares de calidad ambiental para agua superficial y subterránea.

Palabras clave: Calidad bacteriológica, coliformes fecales, coliformes termotolerantes, coliformes totales y río Torococha.

## ABSTRACT

The investigation was conducted on the Torococha River and the San Isidro and San Jacinto neighborhoods of the city of Juliaca, province of San Román in the Puno region. During the months of March to August 2015. The objectives were: 1) Determine the bacteriological quality of the Torococha River 2) Establish the bacteriological quality of the well waters of the San Isidro and San Jacinto neighborhoods 3) Compare the bacteriological quality of the river Torococha in relation to well water. The methodology used was standardized by CEPIS, of the most probable number (NMP) and to establish the comparison, environmental quality standards (ECA) were used for surface and groundwater; the statistical method was that of analysis of variance (ANDEVA) and Duncan's multiple range test. The results obtained for the river Torococha zone I (start) were: total coliforms 11000 NMP / 100 ml, fecal coliforms 2000 NMP / 100 ml and thermotolerant coliforms 115 NMP / 100 ml, in zone II (final) were: total coliforms 11000 NMP / 100 ml, fecal coliforms 3350 NMP / 100 ml and thermotolerant coliforms 200 NMP / 100 ml, which exceed the ECA for rivers of the sierra (total coliforms 3000 NMP / 100 ml and thermotolerant coliforms 2000 NMP / 100 ml). In the same way, the bacterial content of wells 100 m away from the river were: total coliforms 4925 NMP / 100 ml, fecal coliforms 661 NMP / 100 ml and thermotolerant coliforms 20.5 NMP / 100 ml; the values obtained for the wells located at 200 m were: total coliforms 3969 NMP / 100 ml, fecal coliforms 98 NMP / 100 ml and thermotolerant coliforms 17 NMP / 100ml, these values exceed the ECA for groundwater (total coliforms 3 NMP / 100 ml and thermotolerant coliforms 0 NMP / 100 ml). According to the ANOVA variance analysis test, a statistically significant difference ( $P = 0.05$ ) was found for the bacteriological quality of the waters analyzed from the Torococha River and the San Isidro and San Jacinto neighborhoods with respect to the content of fecal coliforms and thermotolerant coliforms, therefore, the bacteriological quality of the Torococha river water is greater than that of the wells and all the samples from both the river and the wells present poor bacteriological quality, due to the fact that they exceed the environmental quality standards for surface and underground water.

**Key words:** Bacteriological quality, fecal coliforms, thermotolerant coliforms, total coliforms and Torococha river.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento vital en la composición y funcionamiento de todos los seres vivos, también es vehículo por excelencia de agentes físicos, químicos y biológicos. Ante el incremento de las poblaciones a nivel mundial, la demanda de agua es insuficiente, principalmente la destinada al consumo humano, uso doméstico, recreacional entre otros.

El vertimiento de aguas residuales, domésticas e industriales a los cuerpos de agua, crea problemas serios de contaminación biológica, química, física y radioactiva y los microorganismos, al encontrar un hábitat apropiado, se reproducen rápidamente proliferando en los cuerpos de agua ocasionando un gran riesgo para la salud pública. En el país existe la escasez de agua potable, por lo que las poblaciones utilizan otras fuentes como las aguas subterráneas (aguas de pozo) que son una alternativa de abastecimiento para el consumo y uso doméstico. Los pozos en condiciones inadecuadas condicionan la contaminación de las aguas pudiendo transportar agentes patógenos que desencadenan enfermedades parasitarias, bacterianas y víricas, causando trastornos gastrointestinales, las que son recurrentes y están vinculadas al consumo de agua de calidad deficiente.

Los contaminantes biológicos más frecuentes que se transmiten a través del agua, son aquellos que corresponden a la ruta fecal – oral, causando infecciones del tracto intestinal como: fiebre tifoidea, cólera, enteritis virales, diarreas, entre otros. Las bacterias están presentes naturalmente en las personas, animales, en las heces u orina de personas infectadas, estas pueden llegar al agua y luego ser utilizadas como fuente de bebida, higiene y otros usos de la actividad humana. Una de las enfermedades con alta morbilidad es la disentería y está asociada en un 94% a factores de riesgos ambientales, especialmente al consumo de agua no potable, saneamiento e higiene insuficiente.

La ciudad de Juliaca, tiene una población aproximada de 225 146 habitantes (INEI, 2007) y el abastecimiento de agua potabilizada es insuficiente, ya que numerosos barrios de la ciudad y alrededores, utilizan como fuentes de agua, los pozos y ríos, cuyas aguas son utilizados para consumo humano y uso doméstico.

En los barrios San Isidro y San Jacinto, el servicio de agua potable es deficiente, ya que solo se cuenta con este servicio durante unas horas al día, por lo que la población opta por abastecerse de agua de pozo, y que la mayoría de las familias poseen en su domicilio. La zona donde se realizó el estudio se encuentra ubicada al noreste de la ciudad de Juliaca y en los márgenes circula el río Torococha, en este río se vierten aguas servidas de la población, residuos sólidos, también se observa presencia de diversos animales razón por la cual el río presenta elevada contaminación (Plan Director de la ciudad de Juliaca 2004 -2015).

El presente estudio está orientado a la determinación de la calidad bacteriológica del río Torococha y en nivel influencia en la calidad de las aguas de pozo ubicados en los barrios San isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca, por lo tanto los valores obtenidos indican la calidad bacteriológica y contaminación de las aguas que son consumidas y usadas en la actividad doméstica de los pobladores de esta zona de la ciudad de Juliaca.

Por lo tanto, en base a lo descrito se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

- Determinar la calidad bacteriológica del río Torococha y su influencia en las aguas de pozo de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca.

**Objetivos específicos:**

- Establecer la calidad bacteriológica del agua del río Torococha, mediante el método del número más probable (NMP) de coliformes totales, fecales y termotolerantes de las aguas del río Torococha.
- Determinar la calidad bacteriológica de las aguas de los pozos de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca, mediante el método del número más probable a distancias de 100 m y 200 m respecto al río Torococha.
- Comparar la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, en relación a las aguas de pozo a 100 y 200 m de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes

En la evaluación bacteriológica de aguas en pozos, para consumo humano de la localidad de Pilcuyo, provincia del Collao de la región Puno, los resultados obtenidos determinaron que, de un total de 11 pozos; 6 de ellos (54.54%) suministraron agua de una calidad ideal de acuerdo a lo propuesto con Canadian Drinking Water Estándar and Objectives, mientras que 5 pozos (45.45%) abastecieron agua de calidad aceptable (Guevara, 2000) y en él estudió de la calidad del agua para consumo humano y su relación con las enfermedades diarreicas agudas en la población sub – urbana de la ciudad de Juliaca, se demostró que, el suministro de agua de pozo que utilizan las familias causan el 58.5% de enfermedades diarreicas agudas y el 60% de aguas eran positivas para coliformes totales y 20% positivo para coliformes fecales, concluyendo que hay relación con las enfermedades diarreicas agudas, debido a la mala calidad del agua o mal estado de conservación, en cuanto a la relación del agua de la red pública, se determinó que el 20.5% ocasionaba enfermedades diarreicas, a pesar que las aguas no presentaban contaminación por coliformes fecales (Mullizaca, 2001), de la misma manera (Marín *et al.* 2002), determinó la calidad de agua de pozos de provisión de ciudad de Villa María, Córdoba (Argentina), obteniendo de un total de 80 pozos muestreados, el recuento de bacterias aerobias mesófilas fue de 94.81%, presentando valores inferiores al límite permisible de la norma Argentina, mientras que el 97.03% de las muestras de agua de pozo fueron negativas, no habiéndose demostrado presencia de coliformes fecales los resultados físico químicos, presentaron concentraciones inferiores para el arsénico en un 100%, para nitratos 93.24%, nitritos 99.32% y para fluoruros 58.8%.

Los estudios de la calidad bacteriológica de agua de pozos de la comunidad de Molloko – Acora, mediante el análisis bacteriológico del número más probable, dieron los siguientes resultados: coliformes totales 3046 NMP/100 ml, coliformes fecales 48 NMP/100 ml, calificando como, agua de mala calidad a las aguas de pozo de la comunidad, debido a la falta de condiciones higiénicas e inadecuada desinfección de los pozos (Curo, 2005), y en la investigación de contaminación de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo suelo en el camposanto Parques del Paraíso Lurín – Lima. Se obtuvo que, de 11 pozos ubicados alrededor del cementerio,

las aguas de los pozos no excedían los límites máximos permisibles, para coliformes fecales y termotolerantes, establecido por la SUNASS, esto debido al tipo de suelo del lugar (Espinoza, 2007),

En el estudio de la calidad química y bacteriológica del agua subterránea, en pozos del municipio de Moa, provincia de Holguín (Cuba), se determinó, para la conductividad eléctrica, valores elevados de 2000 uS/cm, pH de 6.5, la concentración de cloruros fue de 250 mg/l, mientras que los análisis bacteriológicos de coliformes fecales y totales resultaron 5 CF/100 ml y 90 CT/100 ml respectivamente (Fernández y Fernández 2007), mientras que en (Montes de Oca, 2009), investigó la calidad de agua en pozos excavados de tres comunidades del valle del Yeguaré (Honduras), donde encontró, que las concentraciones de nitratos, presentaban valores elevados de 29.6 mg/l, coliformes termotolerantes 6300 UFC/100 ml a una profundidad del nivel freático de 0.4 a 16.3 m, concluyendo que los valores determinados, fueron el resultado de la actividad agrícola y ganadera, además de la mala ubicación y mantenimiento inadecuado de pozos sépticos.

En la investigación, de la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y los Palos del distrito de Tacna. Se obtuvo que de 46 pozos muestreados entre los meses de abril y junio del 2012, el recuento de bacterias heterotróficas fue de 2%, para coliformes totales 54% y para bacterias termotolerantes 11%, donde 21 pozos (46%) de aguas de pozos se encontraban bacteriológicamente aptas para el consumo humano y 25(54%) no aptas (Cutimbo, 2012), del mismo modo en la determinación de la calidad bacteriológica del agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de Puno, se obtuvo resultados: en aguas de pozo del mercado Bellavista; coliformes totales 827.25 NMP/100 ml, coliformes termotolerantes 111 NMP/100 ml y *Escherichia coli* 164 NMP/100 ml, mientras que en el mercado Unión y Dignidad, coliformes totales 102 NMP/100 ml, coliformes termotolerantes 0.75 NMP/100 ml y *Escherichia coli* 96 NMP/100 ml, el agua potable de los mercados de la ciudad de Puno no presentaban coliformes totales y fecales y para microorganismos heterotróficos, en los mercados Bellavista, Unión y Dignidad y Central se determinó 10 UFC/ml (Soto, 2012) y en la investigación realizada por (Robles, *et al.* 2013), investigaron la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo - Axochiapan, Morelos – México, determinando parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos, bacteriológicamente el manantial y un pozo no resultaron adecuados para actividades recreativas y

fisicoquímicamente 3 pozos fueron adecuados como fuente de suministro de agua de consumo, concluyendo que la falta de servicios sanitarios y el drenaje en algunas zonas podrían estar ocasionando el deterioro de la calidad del agua del acuífero en dichas zonas.

Otro estudio de los componentes Físico-Químicos e Indicadores Bacterianos de contaminación fecal en agua de consumo humano de la ciudad de Aplao, Arequipa, se obtuvieron promedios de: pH, temperatura, sólidos disueltos totales, cloruros, sulfatos dentro de lo normal, coliformes totales 4200 NMP/100 ml y coliformes fecales 1881NMP/100 ml, en tres lugares denominados zona A (río arriba), zona B (ciudad) y zona C (río abajo), dando como resultado la contaminación biológica de la fuente hídrica (Quispe, 2010), así mismo en la investigación, de la microbiología y factores físicos del agua del río Ilave, en donde se obtuvo valores para coliformes totales 10000 NMP/100 ml, coliformes fecales de 1500 NMP/100 ml, y mesófilos viables de 5348 UFC/ml (ANA, 2011)

La evaluación de la calidad del agua de los ríos y quebradas que se encuentran en el ámbito de la cuenca del río Coata, del departamento de Puno, los valores fueron: zona Rcoat1, temperatura 21.3 °C, pH 9,27, conductividad eléctrica 1119 us/cm, sulfatos 86.19 mg/l, nitratos 0,106 mg/l, demanda bioquímica de oxígeno menor a 3, coliformes totales 5400 NMP/100 ml, y coliformes fecales 33 NMP/100 ml, mientras que la zona Rcoat2, temperatura 17.2 °C, pH 9.02, conductividad eléctrica 1136 us/cm, sulfatos 85.36 mg/l, nitratos 0.81 mg/l, demanda bioquímica de oxígeno 3, coliformes totales 170 NMP/100 ml, y coliformes fecales 70 NMP/100 ml, reportaron que el agua, se encontraba dentro de los límites permitidos a excepción del pH y coliformes totales que sobrepasan los límites máximos permisibles (ANA, 2011) y en la investigación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del río Coata, Zona Potamal – Región Puno, obtuvo resultados para los parámetros bacteriológicos de las aguas del río Coata zona Potamal A, B y C de la región Puno, fueron: zona A coliformes totales con 7940 NMP/100 ml; coliformes fecales con 48 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes con 0 NMP/100 ml Zona B; coliformes totales 9720 NMP/100 ml; coliformes fecales 352NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 12 NMP/100 ml y en la zona C; coliformes totales 9120 NMP/100 ml; coliformes fecales 88 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 6 NMP/100 ml, los coliformes totales excedieron los límites máximos

permisibles según normas de calidad ambiental, (MINAM, 2012) siendo la zona B la de mayor contaminación bacteriológica (Flores, 2014).

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. El agua

El agua es el componente más importante de la naturaleza y uno de los primordiales de la materia viva (OMS, 2006), existen organismos aptos para vivir sin luz, incluso sin oxígeno pero ninguno puede vivir sin agua (Carbajal & González, 2012), y como recurso natural renovable, satisface la demanda de actividades humanas, de producción y mantiene ecosistemas acuáticos y ciclos naturales (ANA, 2015), mientras, el 71% de nuestro planeta es agua pero el 97.5% de los recursos hídricos es agua salada (Erciclio *et al*, 2005), únicamente un 2.5% es agua dulce, los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80%, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible solo es el 1% (Fernández, 2012).

Los recursos hídricos se provienen de aguas superficiales y aguas subterráneas, las aguas superficiales ofrecen cantidades mayores de agua a corto plazo, mientras que las subterráneas son un recurso más constante, a mediano plazo (Fernández, 2012), estos recursos necesitan para su extracción y utilización acondicionamiento particular (Cairampoma & Villegas, 2016) y es necesario conservar su estado antes del consumo (Fernández, 2012).

El deterioro de la calidad de agua es un problema que crece cada día, y es considerado uno de los principales problemas ambientales (Salgot *et al.*, 1999 en Fernández, 2012), se estima que a nivel mundial se genera aproximadamente 1,500 Km<sup>3</sup> de aguas residuales, asumiendo que un litro de agua residual contamina 8 litros de agua dulce (UNESCO, 2003), en el artículo segundo de la Ley de Recursos Hídricos señala que el agua constituye patrimonio de la Nación y que, siendo un bien de uso público, debe ser empleado en armonía con el bien común integrando valores sociales, culturales, económicos, políticos y ambientales (ANA. 2015), sin embargo, a nivel mundial las poblaciones más pobres de los países en desarrollo (50%) se encuentra expuesta a fuentes de aguas contaminadas (UNESCO, 2003).

### 2.2.2. Aguas subterráneas

El hombre siempre ha utilizado las aguas subterráneas (López *et al.*, 2009), recurso natural muy valioso, fundamental en el ciclo hidrológico (Sahuquillo, 2009), forma parte del agua existente en nuestro planeta, entre los intersticios del terreno (Ordoñez, 2011), después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas y/o fracturadas, denominadas acuíferos (MINAM, 2012),

Un acuífero es una unidad geológica saturada que almacena y transfiere agua de buena calidad (MINAM, 2012) las aguas subterráneas se pueden captar, por ejemplo la captación desde pozos, se utiliza el agua para potabilizarla, para la industria o la agricultura (Ordoñez, 2011); en muchos países de medio oriente, África, Asia, Europa y Cuba, se están registrando altos niveles de explotación, y uso intensivo en regiones áridas y de alta densidad como China, India, México, Pakistán y Estados Unidos (López *et al.*, 2009).

### 2.2.3. Calidad del agua

La calidad de agua es definida según dos factores, contenido y cantidad de acuerdo al uso (Fernández, 2012), mediante los índices de calidad del agua (ICA), ya sea superficial o subterráneo en un tiempo determinado (Caho & López, 2017), por medio del ICA se realiza un análisis general de la calidad del agua en diferentes niveles y se determina la vulnerabilidad del cuerpo frente a amenazas potenciales (Soni & Thomas, 2014).

Una disminución de la calidad, cantidad o ambas, del agua disponible provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas (UNESCO, 2003), es un problema que va en aumento (Salgot *et al.*, 1999), sin embargo, el medio ambiente tiene una capacidad natural de absorción y de autolimpieza, pero si se la sobrepasa, la biodiversidad se pierde, los medios de subsistencia disminuyen, las fuentes naturales de alimentos se deterioran y se generan costos de limpieza extremadamente elevados (UNESCO, 2003). Los vertidos incontrolados de las aguas residuales urbanas e industriales, muchas veces sin tratamiento se han convertido en la principal causa de contaminación de las aguas (Fernández, 2012), lo cual, altera la química y ecología de ríos, lagos y humedales (UNESCO, 2003).

La alteración de la calidad de las aguas subterráneas, por la acción humana, la hace parcial o totalmente inutilizable, los agentes contaminantes del agua subterránea son los mismos de las aguas superficiales (Marín, 2006), pero las aguas subterráneas están mejor protegidas frente a la contaminación. Sin embargo, esta protección se disminuye si se introducen productos contaminantes por debajo de la superficie saturada del acuífero (Ordoñez, 2011), será muy difícil y costoso detectar la presencia de un contaminante, conocer su desplazamiento y evolución o detenerlo antes de su llegada a pozos, prácticamente imposible eliminarlo o extraerlo de la formación permeable en la que puede permanecer contaminando el agua durante largos períodos de tiempo (IGME, 2010).

Los residuos sólidos procedentes de actividades domésticas y urbanas se colocan en vertederos, donde los materiales solubles son lixiviados por el agua de lluvia, la contaminación de acuíferos no aparecen inmediatamente, pero pueden durar muchos años, aun después de la desaparición del vertedero (Fuentes, 1993), sin embargo, la contaminación de aguas superficiales es fácilmente detectable, a veces a simple vista, por el color y el olor de las aguas. Pueden tomarse medidas pronto para evitar que continúe la contaminación (IGME, 2010). El mayor riesgo de contaminación de acuíferos causada por contaminantes líquidos se produce por infiltraciones desde las redes de saneamiento, pozos negros, fosas sépticas, entre otros (Fuentes, 1993).

#### **2.2.4. Agentes patógenos transmitidos desde el agua**

La calidad del agua está determinada por las características microbiológicas que están regidas por la población de microorganismos acuáticos que alberga y que afectan a su calidad, algunos de estos organismos pueden dañar la salud, dando lugar a las denominadas enfermedades hídricas (Marín, 2006). El agua es catalogada como uno de los más importantes vehículos de transmisión de enfermedades; la mayoría de los patógenos intestinales se transmiten por esta vía habitan en el tracto intestinal del individuo y son eliminados posteriormente por las heces (Gonzales, 2012), el grupo coliforme, se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua (Camacho *et al.*, 2009).

Los principales efectos que produce el agua contaminada en el medio ambiente son: contaminación microbiológica del agua, con la transmisión hídrica de enfermedades, pérdida de los ecosistemas acuáticos, entre otros (Fernández, 2012). Se debe considerar

que no todos los problemas de calidad de agua son únicamente consecuencia del impacto del hombre. Las características geoquímicas naturales pueden aportar cantidades elevadas de hierro reducido, flúor, arsénico y sales a las aguas subterráneas, reduciendo su uso como agua de bebida (Pepper *et al.*, 1996). Un caso particular es el arsénico, que es un metaloide, elemento altamente tóxico y que es de origen natural en aguas subterráneas en nuestro país, el límite recomendado por la Organización Mundial de Salud para consumo humano es de  $10 \mu /L$  (10ppb) (Fernández, 2012).

Las aguas subterráneas son raramente contaminadas por bacterias patógenas, salvo en el caso de terrenos con rocas fisuradas (Fuentes, 1993). La contaminación por nitritos se ha convertido en una de las principales causas de deterioro en ámbitos rurales y urbanos (Collazo, 2012), pero no se ha estudiado su variación en profundidad en España (Sahuquillo, 2009); el 99,9% de las bacterias fecales desaparecen entre los 10 y 50 días de tránsito en el acuífero (IGME, 2010).

Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año (Gonzales, 2012) y las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado. Según las estimaciones, todos los años se registran 4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo entre los niños (OMS, 2006). Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición (Mondaca, 2003).

Las especies causantes de disentería como *Shigella dysenteriae*, que causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones (Mondaca, 2003), *Vibrio cholerae*, es el agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de mariscos u hortalizas crudas, la enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracia a la eficaz potabilización del agua (Gonzales, 2012).

*Salmonella typhi*, es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua, del mismo modo aunque menos severa y más frecuente tenemos a la salmonelosis cuyo agente etiológico es la *Salmonella spp* (Mondaca, 2003), además bacterias como *Escherichia coli*, generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Dentro de los *E. coli* patógenos se incluyen: *E. coli enteropatógeno*, *E. coli enterotoxigénico*, *E. coli enteroinvasivo*, *E. coli enterohemorrágico*, *E. coli enteroadherente*, *E. coli enteroagregativo* (Mondaca, 2003).

A su vez, por el consumo de agua contaminada puede ocasionar enfermedades como la giardiasis cuyo agente etiológico es *Giardia lamblia*, que produce una forma de gastroenteritis aguda, esta también se transmite a las personas por el agua contaminada (Lujan, 2006), además este protista, produce una forma de reposo llamada quiste y ésta es la forma primaria transmitida por el agua (Gonzales, 2012) del mismo modo el agente *Cryptosporidium parvum*, produce la enfermedad denominada cryptosporidiosis, esta enfermedad infecta tanto a seres humanos como animales, *C. parvum* presenta distribución mundial y su transmisión es asociada a la ingestión de aguas contaminadas con materia fecal (Luna *et al.*, 2002).

En tanto que algunas enfermedades de origen viral como la hepatitis A y E se propagan de persona a persona, por el mecanismo directo ano-manos-boca y por la contaminación fecal de alimentos y agua (Espigares, 2006) y otros virus como enterovirus, adenovirus y los rotavirus, son una de las principales causas de la gastroenteritis, estos producidos por la contaminación del agua y alimentos por las deyecciones de mamíferos infectados, además se sabe que en Estados Unidos los virus son la segunda causa de enfermedades transmitidas por alimentos (Ferrari y Torres 1998).

### 2.2.5. Bacterias indicadoras de calidad bacteriológica

#### Coliformes totales

Son un grupo heterogéneo formado por todas las bacterias gram negativas, de morfología bacilar, aerobias o anaerobias facultativas, oxidasa negativas, no esporogénicas y capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas a 37 °C dentro de las 48 horas, este grupo está formado por 4 géneros principalmente: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella*, la especie más frecuente y predominante es *Escherichia coli*, la demostración y el recuento de organismos coliformes, pueden encontrarse en mayor cantidad en aguas contaminadas, su hábitat está en las vías entéricas del tracto gastrointestinal del ser humano y animales, luego son eliminadas en las heces y se consideran como indicadores de contaminación en los cuerpos de agua (Camacho *et al.*, 2009) no obstante (Larrea *et al.*, 2013) menciona que en la actualidad, no se recomienda los coliformes totales para la evaluación de la calidad de las aguas debido a que las bacterias de este grupo pueden ser encontradas de forma natural en aguas, suelos y vegetación.

#### Coliformes fecales

Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten, normalmente, en el intestino del hombre y en de otros animales existen diversos tipos algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso, ocasionar la muerte (Mora y Clavo, 2010), en tanto (Apella y Araujo, 2011) mencionan que los coliformes fecales, indican contaminación fecal de origen exclusivamente intestinal. Asimismo tienen la capacidad de producir gas o formar colonias a una temperatura de incubación de 44.5 +/- 0.2°C. Estos se pueden reproducir fuera del intestino en redes de distribución formando biopelículas, o en cuerpos de agua donde hay condiciones favorables de pH, contenido de materia orgánica y humedad; algunos son típicos de aguas con residuos vegetales, este grupo es el indicador fecal por excelencia debido a que refleja con mayor exactitud la contaminación en un cuerpo de agua (Gonzales, 2012).

#### Bacterias termotolerantes

Se denomina así, a ciertos miembros del grupo que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal, estos coliformes generalmente no se multiplican en los

ambientes acuáticos (Aurazo, 2004), Además la presencia de coliformes termotolerantes en el suministro de agua es indicio, de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas servidas u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Gonzales, 2012).

Los coliformes termotolerantes son bacilos gram negativos, esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a  $44 - 45^{\circ} \text{C} \pm 0.2^{\circ} \text{C}$ , dentro de 48 horas. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiela* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol, a partir del triptófano, además está presente e grandes concentraciones en las heces humanas y de animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque existen indicios que pueden crecer en suelos tropicales (Gonzales, 2012).

### ***Escherichia coli***

Es el principal indicador bacteriano en el agua, además se ha demostrado que *E. coli* está presente en las heces de los seres humanos y los animales de sangre caliente entre  $10^8$  y  $10^9$  por gramo de heces (Aurazo, 2004). La presencia de *E. coli* en el agua es un fuerte indicativo de una reciente contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos de animales/humanos y pueden ingresar en nuestra agua de muchas maneras diferentes por ejemplo, durante la lluvia y derretimiento de la nieve (Rock y Rivera, 2014). *E. coli* es un bacilo grueso de  $1.5$  por  $4\mu$  la mayoría de la especies son móviles porque tienen flagelos peritricos típicos de las enterobacterias, su cultivo se realiza en medios bacteriológicos usuales, los medios diferenciales empleados para el aislamiento permiten una rápida identificación de las cepas lactosa positivas, como el agar EMB y el agar Mac Conkey, la identificación con otras enterobacterias se verifica de forma sencilla atendiendo los caracteres bioquímicos, comprobando la fermentación de la lactosa y la producción de indol con ausencia de actividad frente al citrato y la urea (Nicolet, 2003).

### 2.2.6. Métodos de análisis del agua

Entre los métodos clásicos empleados en la identificación y enumeración de coliformes tenemos la técnica de la filtración por membrana, este método está aceptado y aprobado como procedimiento para el monitoreo de la calidad del agua en muchos países (Larrea *et al.*, 2013). El método de filtración con membrana es una alternativa para la determinación de coliformes totales y termotolerantes en muestras de agua potable y agua de origen subterráneo (CEPIS, 2004), además se debe tener en cuenta, que los filtros deben ser libres de químicos susceptibles de inhibir el crecimiento y desarrollo bacteriano, que posean una velocidad de filtración satisfactoria, ausencia de influencias significativas sobre el pH del medio y que no produzcan un aumento en el número de colonias confluentes o expansivas en comparación con los filtros de membrana en expansión (APHA, 2000), el método consiste en la filtración de la muestra de agua a través de una membrana estéril con un poro de diámetro igual a 0.45  $\mu\text{m}$ , el cual retiene las bacterias, luego la membrana se incuba sobre la superficie de un medio selectivo y posteriormente, se enumeran las colonias típicas crecidas sobre la membrana (Larrea *et al.*, 2013).

El otro método utilizado es el de la fermentación en tubos múltiples para enumerar coliformes se ha usado durante alrededor de 80 años como método de monitoreo de la calidad del agua (Larrea *et al.*, 2013), este método de fermentación en tubos múltiples se basa en el principio de dilución hasta la extinción (CEPIS, 2012), el método de la fermentación en tubos múltiples se expresan en términos de Número Más Probable (NMP) de microorganismos existentes y se utiliza para determinar la presencia de coliformes totales, fecales y termotolerantes y consta de un test presuntivo, test de confirmación, test de aislamiento, expresión de resultados y test para coliformes termotolerantes (Aurazo, 2004). El método consiste en inocular una serie de tubos con diluciones decimales de la muestra de agua, la producción de gas, formación de ácido o abundante crecimiento en los tubos después de 48 h de incubación a 35 °C constituyen resultados presumiblemente positivos, todos estos tubos presumiblemente positivos son sometidos a pruebas de confirmación, luego la formación de gas en caldo lactosado verde brillante en los tubos de fermentación tras 48 h de incubación a 35°C constituye una prueba de confirmación positiva (Larrea *et al.*, 2013).

### 2.3. Marco conceptual

**Agua superficial:** Es todo agente que fluye en la superficie como el río, quebrada, arroyo permanente y/o lago, laguna, embalse natural o artificial de agua dulce (MINAM, 2012).

**Agua subterránea:** Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos (Ordoñez, 2011).

**Agua Residual:** aguas provenientes de descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos y en general que han sufrido degradación en su calidad original (MINAM, 2012).

**Calidad bacteriológica del agua:** Conjunto de propiedades y características que contribuye a la protección de la salud de la población contra riesgos de origen bacteriano en el agua (Spellman, 2004).

**Coliformes totales:** Grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relévale como indicadores de contaminación del agua (Sierra, 2011).

**Coliformes fecales:** Son bacterias que forman parte del total del grupo coliforme y son definidas como bacilos gram negativos, la especie representativa *Escherichia coli* (Sierra, 2011).

**Coliformes termotolerantes:** Son bacterias del grupo de coliformes totales que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas, cuya temperatura de supervivencia es de 45°C +/- 0.2 °C (Sierra, 2011).

**ECA:** Estándares de Calidad Ambiental. Son indicadores que miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2012).

**Número más probable (NMP):** Es la densidad de bacterias fermentadoras de la lactosa (Aurazo, 2004).

**Parámetros microbiológicos:** son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Aurazo, 2004).

### III. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1. Lugar de estudio

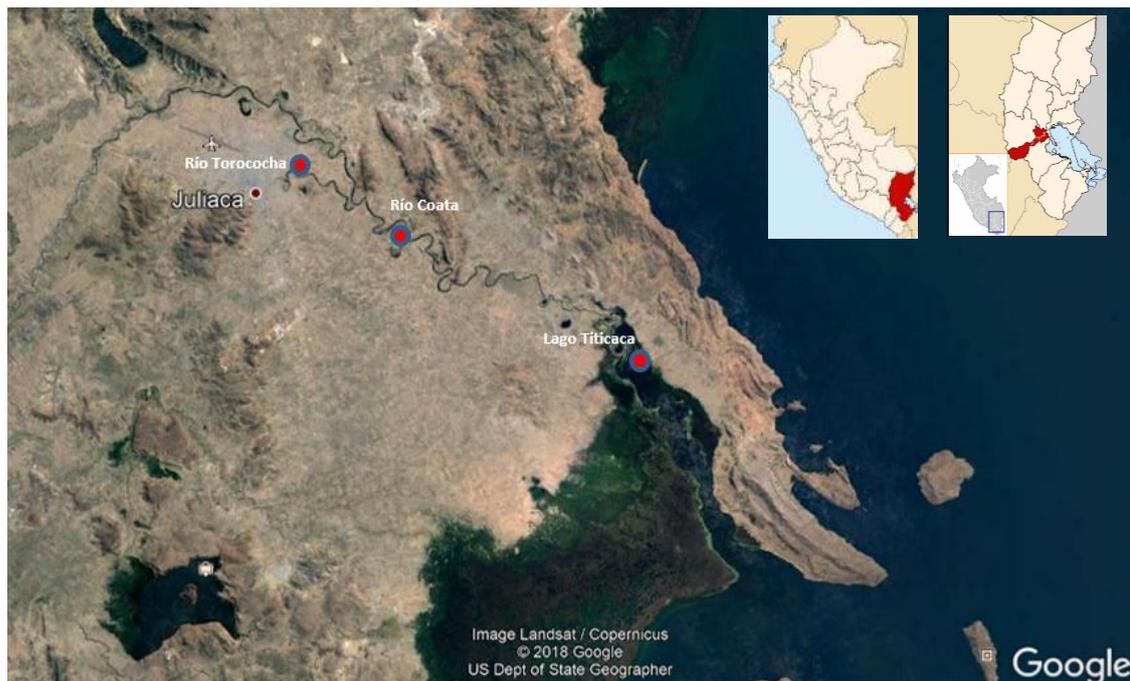
La investigación se realizó en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, en la región Puno, ubicada al noroeste del Lago Titicaca, cuenta con una población aproximada de 225. 146 habitantes; el clima, es predominantemente frío, siendo más intenso en el invierno, en los meses de junio y julio, alcanzando valores inferiores a 0 °C. La temperatura promedio es de 4 a 10 °C, la temperatura máxima es de 17.08 °C y la temperatura mínima es -7.5 °C durante los meses de invierno (Plan director de la ciudad de Juliaca 2004 – 2015). El río Torococha está ubicado en la ciudad de Juliaca a 3826 msnm, en la coordenadas 15° 29' 24" de latitud Sur y 70° 09' 00" de longitud Oeste, a 3824 m.s.n.m.; el área que comprende el territorio urbano es de aproximadamente 41.00 km<sup>2</sup>, sobre la cual se han establecido 247 asentamientos humanos (INEI, 2015), la ciudad de Juliaca es la decimotercera ciudad más poblada del Perú. El agua se puede encontrar mediante pozos en el sub suelo, aproximadamente entre 1.00m a 3.00m de profundidad, según la temporada y el lugar de perforación del pozo.

Antiguamente la ciudad de Juliaca estaba asentada entre lagunas como: Laguna temporal, Totorani, Torococha, Laguna de Chacas, ubicada el noreste de la ciudad, Laguna Escuri, ubicada al norte de la ciudad y cerca al puente Maravillas; actualmente estas lagunas por el crecimiento poblacional ya han perecido, a excepción de la laguna Escuri. Las aguas pluviales que discurre de las laderas de las montañas de Esquen y Chullunquiani en las pampas de las zonas referidas se acumula aguas que forman lagunas de lodazal temporales, del desfogue de estas aguas nace un río que tiene el nombre de Río T´orococha, que en el idioma quechua t´oro significa barro de tierra o lodo, este río atraviesa por el medio de la ciudad de Juliaca, desembocando al Río Coata y finalmente al Lago Titicaca (Avila, 2017).

El río Torococha, atraviesa por el centro de la ciudad de Juliaca de Oeste a Este; el cauce de este río constituye para el distrito de Juliaca un sistema de drenaje natural muy importante, ya que en épocas de precipitaciones (diciembre a marzo) permite evacuar estas aguas para su desemboque en el río Coata; Juliaca tiene precipitación promedio anual de 587 mm y la precipitación máxima mensual promedio es de 154mm y la precipitación mínima es de 1.6mm.

Actualmente, el río Torococha constituye un sistema de drenaje natural para el distrito de Juliaca, es uno de los principales canales donde desembocan las aguas servidas generadas por la población de Juliaca, estas aguas tienen un caudal muy bajo por lo que se encuentran estancadas, lo que genera olores desagradables, afectando las zonas adyacentes, lo cual provoca malestar y afecta la salud de la población.

Los barrios San Isidro y San Jacinto son dos de los barrios adyacentes al río Torococha, donde su población se abastece de agua subterránea.



*Figura 1. Ubicación del lugar de investigación – Juliaca, Puno – Perú.*



### 3.2.Métodos

#### 3.2.1. Establecimiento de la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, mediante el método del número más probable de coliformes totales, fecales y termotolerantes.

Para la toma de muestras en el río Torococha de la ciudad de Juliaca, se utilizó un kit de toma de muestras, que constó de un cooler para el transporte de muestras y envases esterilizados. La toma de muestras se realizó a partir de las 9:00 horas del día. Se tomaron 02 muestras con sus respectivas repeticiones, en total se obtuvieron 04 muestras.

El procedimiento para la toma de muestras fue de acuerdo a la metodología estandarizada recomendada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2012).

Para la tomas de muestras se utilizaron frascos de vidrio, previamente esterilizados y cubiertos con papel Kraft (Figura 10). Ya en campo, se procedió a retirar la cubierta de papel Kraft del frasco de vidrio de 500 ml y se ató al cuello del frasco una cuerda y se procedió a deslizarla, en contra de la corriente del río, hasta llenar el agua en el frasco, de inmediato se tapó el frasco, y se procedió al secado con papel toalla, luego se colocó una etiqueta donde se anotó la zona, la procedencia del agua, número de muestra y la fecha, las muestras obtenidas fueron colocadas en el cooler y se transportaron al laboratorio. La toma de muestras se realizó con las medidas de seguridad correspondiente, utilizando un guardapolvo, guantes y barbijo.

Una vez en el laboratorio, las muestras fueron procesadas aplicando los métodos recomendados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2012), “Número Más Probable o de los tubos múltiples”, que consta de un test presuntivo, un test de confirmación y un test de aislamiento.

#### **Procedimiento para el Test Presuntivo:**

En tres tubos con caldo lactosado esterilizado en el Autoclave SHEARER 150 DC, con doble concentración en volumen de 10 ml, se procedió a inocular 10 ml en c/u de los tubos, la muestra de agua a analizar. Obteniendo la dilución 1:10. En otros tres tubos conteniendo caldo lactosado de simple concentración, se inoculó, 1 ml de agua en cada uno, obteniendo la dilución 1:100 y en los tres últimos tubos con caldo simple concentración, se inoculó 0.1 ml de agua en cada uno de los tubos, cuya dilución

correspondió a 1:1000 (Figura 14). Los tubos inoculados con la muestra de agua se homogenizaron cuidadosamente y se procedieron a incubar a temperatura de 37 °C por 24 h (Figura 15). Luego del tiempo transcurrido se realizó la lectura observando la fermentación de la lactosa y producción de gas como reacción positiva, los tubos positivos se seleccionan para la segunda fase del análisis (Figura 16).

#### **Procedimiento para el test de confirmación:**

De los tubos seleccionados positivos se obtuvo 1 ml de cultivo y se inoculó en tubos con caldo verde brillante de bilis lactosa (CVBBL), conteniendo un tubillo de Durham invertido los tubos inoculados, se homogenizaron cuidadosamente, y se incubaron por 24 h (Figura 19). Transcurrido el tiempo se realizó las lecturas seleccionando, los tubos donde hubo presencia de gas y crecimiento positivo (Figura 20). El número de tubos positivos confirmados se comparan con la tabla del número más probable (NMP) y se realizaron los cálculos, obteniendo el NMP/100 ml de coliformes totales.

#### **Procedimiento para el test de aislamiento:**

A partir de los tubos positivos del test confirmativo, se obtuvo un inóculo con el asa de platino y se realizó siembra por agotamiento en la superficie del agar Eosin Methil Blue (EMB), las placas sembradas se incubaron a temperatura de 37° C por 24 y 48 horas (Figura 21).

#### **Expresión de resultados:**

Las bacterias identificadas como coliformes totales y fecales, en medios de cultivo se cotejaron con el número de tubos positivos y correspondiente a las diluciones, se utilizó la tabla de Hoskins del número más probable (NMP), los cálculos se obtuvieron de acuerdo a la fórmula correspondiente, expresando N° de coliformes totales o fecales NMP/100 ml (Figura 5).

$$\text{NMP} / 100 \text{ ml} = \frac{\text{NMP en Tabla}}{10} \times 100$$

10

Estos resultados se compararon con los resultados obtenidos de la determinación de la calidad bacteriológica de las aguas de pozo de los barrios (San Isidro y San Jacinto) de la ciudad de Juliaca, utilizando un análisis de varianza con una prueba de rango múltiple de Duncan.

### **3.2.2. Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas de pozo de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca, NMP a distancia de 100 y 200 m respecto al río Torococha.**

Las muestras de agua de pozo fueron en total 20, 10 muestras se obtuvieron del barrio San Isidro, 05 a 100 m y 05 a 200 m del río Torococha; las otras 10 se obtuvieron del barrio San Jacinto, 05 a 100 m y 05 a 200 m de distancia del río Torococha. Para todos los casos se realizó una repetición, es así que se obtuvieron 40 muestras de agua. Se utilizó un kit de toma de muestras, que constó de un cooler para el transporte de muestras y envases esterilizados. La toma de muestras se realizó a partir de las 9:00 horas del día.

El procedimiento para la toma de muestras fue de acuerdo a la metodología estandarizada recomendada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2012).

Para la tomas de muestras se utilizaron frascos de vidrio de 500 ml, previamente esterilizados y cubiertos con papel Kraft (Figura 8). Para realizar la toma de la muestra se procedió a retirar la cubierta de papel Kraft del frasco de vidrio y se ató al cuello del frasco una cuerda, con un lastre estéril y se procedió a deslizarla en el interior del pozo hasta una profundidad aproximada de 50 cm, de inmediato se extrajo la muestra procediendo a tapar el frasco, luego se colocó una etiqueta donde se anotó la zona, la procedencia del agua, número de muestra y la fecha, las muestras obtenidas fueron colocadas en un cooler y se transportaron al laboratorio. La toma de muestras se realizó con las medidas de seguridad correspondiente, utilizando un guardapolvo, guantes y barbijo.

Una vez en el laboratorio, las muestras fueron procesadas aplicando los métodos recomendados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2012), “Número Más Probable o de los tubos múltiples”, que consta de un test presuntivo, un test de confirmación y un test de aislamiento.

#### **Procedimiento para el Test Presuntivo:**

En tres tubos con caldo lactosado esterilizado en el Autoclave SHEARER 150 DC, con doble concentración en volumen de 10 ml, se procedió a inocular 10 ml en c/u de los tubos, la muestra de agua a analizar. Obteniendo la dilución 1:10. En otros tres tubos conteniendo caldo lactosado de simple concentración, se inoculó, 1ml de agua en cada

uno, obteniendo la dilución 1:100 y en los tres últimos tubos con caldo simple concentración, se inoculó 0.1 ml de agua en cada uno de los tubos, cuya dilución correspondió a 1:1000. Los tubos inoculados con la muestra de agua se homogenizaron cuidadosamente y se procedieron a incubar a temperatura de 37 °C por 24 h horas. Luego del tiempo transcurrido se realizó la lectura observando la fermentación de la lactosa y producción de gas como reacción positiva, los tubos positivos se seleccionan para la segunda fase del análisis (Figura 13).

#### **Procedimiento para el Test de confirmación:**

De los tubos seleccionados positivos se obtuvo 1 ml de cultivo y se inoculó en tubos con caldo verde brillante de bilis lactosa (CVBBL), conteniendo un tubillo de Durham invertido los tubos inoculados, se homogenizaron cuidadosamente, y se incubaron por 24 h (Figura 16). Transcurrido el tiempo se realizó las lecturas seleccionando, los tubos donde hubo presencia de gas y crecimiento positivo. El número de tubos positivos confirmados se comparan con la tabla del número más probable (NMP) y se realizaron los cálculos, obteniendo el NMP/100 ml de coliformes totales.

#### **Procedimiento para el test de aislamiento:**

A partir de los tubos positivos del test confirmativo, se obtuvo un inóculo con el asa de platino y se realizó siembra por agotamiento en la superficie del agar Eosin Methil Blue (EMB), las placas sembradas se incubaron a temperatura de 37° C por 24 y 48 horas (Figura 18).

#### **Expresión de resultados:**

Las bacterias identificadas como coliformes totales y fecales, en medios de cultivo se cotejaron con el número de tubos positivos y correspondiente a las diluciones, se utilizó la tabla de Hoskins del número más probable (NMP), los cálculos se obtuvieron de acuerdo a la fórmula correspondiente, expresando N° de coliformes totales o fecales NMP/100 ml (Figura 5).

$$\text{NMP} / 100 \text{ ml} = \frac{\text{NMP en Tabla}}{10} \times 100$$

10

Estos resultados se compararon con los resultados obtenidos del establecimiento de la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha de la ciudad de Juliaca, utilizando un análisis de varianza con una prueba de rango múltiple de Duncan.

### 3.2.3. Comparar la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, en relación a las aguas de pozo a 100 y 200 m de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca.

Una vez realizados los análisis correspondientes, se obtuvieron los datos cuantitativos los cuales fueron sometidos a la estadística de tipo descriptiva, tablas de frecuencias y medidas de tendencia central, para resultados del NMP de coliformes totales, fecales y termotolerantes de las muestras de agua de río y pozos. Se utilizó un análisis de varianza con la prueba de rango múltiple de Duncan.

#### Análisis de varianza

Se utilizó el análisis de varianza, el modelo lineal para determinar la diferencia de la calidad bacteriológica de las aguas del río y de pozos, el modelo matemático es el siguiente:

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

Los resultados significativos fueron llevados a la prueba de rango múltiple de Duncan, cuya fórmula es:

#### Prueba de rango múltiple de Duncan.

Procedimiento:

Encontrar el error estándar de la media:  $S_{\bar{X}}$

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{2CM_{EE}}{r}}$$

r : Número de repeticiones

CM<sub>EE</sub> : Cuadrado Medio del Error Experimental

Encontrar la Amplitud Estudiantizada Significativas de Duncan: AES (D)

$$AES(D) = D_{(t-1, GL_{EE}); \alpha}$$

Determinar la Amplitud Límite de Significación de DUNCAN:

Amplitud Límite de Significación de Duncan: ALS (D)

$$ALS(D) = AES(D)S_{\bar{X}}$$

Ordenar los promedios de los tratamientos en serie por su magnitud en forma decreciente y realizar las diferencias de medias entre pares de tratamientos. El análisis se realizó con la ayuda del programa SPSS versión 20.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Establecimiento de la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, mediante el método del número más probable de coliformes totales, fecales y termotolerantes.

El recuento de coliformes totales, fecales y termotolerantes en 4 muestras de agua procedentes de las dos zonas de muestreo del río Torococha de la ciudad de Juliaca fluctúan entre los promedios de 11000 NMP/100 ml para coliformes totales, 2000 NMP/100 ml para coliformes fecales y 115 NMP/100 ml en la zona 1 correspondiente al río Torococha en el barrio San Isidro y recuentos de 11000 NMP/100 ml para coliformes totales, 3350 NMP/100 ml para coliformes fecales y 200 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes (Tabla 1). Estos resultados, determinan que las aguas del río Torococha en ambas zonas de estudio presentan elevada cantidad de bacterias coliformes.

**Tabla 1.** Promedio del NMP de bacterias coliformes en aguas del río Torococha según zona de muestreo, Juliaca marzo a junio 2015.

N° Repet.	Zona de Muestreo	CT NMP/100 ml	CF NMP/100 ml	CTR NMP/100 ml
		$\bar{X} \pm DE$	$\bar{X} \pm DE$	$\bar{X} \pm DE$
2	Zona 1	11000 $\pm$ 0.000	2000 $\pm$ 1325	115 $\pm$ 91
2	Zona 2	11000 $\pm$ 4956	3350 $\pm$ 3297	200 $\pm$ 29
4	Promedio	11000 $\pm$ 5091	2675 $\pm$ 3185	157.5 $\pm$ 54

El elevado contenido de bacterias indicadoras de contaminación, es elevado respecto a la cantidad de coliformes totales y fecales, que de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para aguas de ríos de la sierra (MINAM, 2012), exceden los valores permisibles de 3000 NMP/100 ml, para coliformes fecales, catalogando estas aguas como de mala calidad bacteriológica, en cambio para el contenido de coliformes termotolerantes el contenido bacteriológico se encuentra dentro del límite permisible de 2000 NMP/100 ml, esto probablemente debido a la época de invierno en que se realizó el estudio ya que las temperaturas bajas tienen efecto negativo en las poblaciones de bacterias, al igual que la radiación solar que en época invernal merma las poblaciones de bacterias (IGME, 2010), por lo tanto los resultados de elevada cantidad de coliformes

fecales y totales nos indican la mala calidad bacteriológica en la que se encuentra el río Torococha, esto se hace evidente debido al vertido de aguas residuales, residuos sólidos, presencia de animales entre otros, lo que ha ocasionado un serio conflicto ambiental que hasta la fecha no tiene solución

Al respecto, estudios realizados en el río Coata, del cual el río Torococha es tributario, realizado por la ANA (2011), cuando monitorearon los ríos y quebradas de la cuenca del río Coata, reportaron en la zona 1761RCoat1, valores para coliformes totales de 5,400 NMP/100 ml, coliformes fecales 33 NMP/100 ml y en la zona 1761 RCoat 2 valores para coliformes totales de 170 NMP/100 ml y coliformes fecales 70 NMP/100 ml, valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio, esto debido al caudal y volumen de agua del río Coata, lo que ocasiona dilución de los contaminantes en el trayecto, sin embargo Flores (2014), reportó valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del río Coata, zona Potamal, el recuento de coliformes totales fue de 7940 NMP/100 ml, para coliformes fecales 48 NMP/100 ml y para coliformes termotolerantes 0 NMP/100 ml; en la zona B demostró presencia de coliformes totales 9720 NMP/100 ml, coliformes fecales 352 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 12 NMP/100 ml, y la zona C para coliformes totales fue de 9120 NMP/100 ml, coliformes fecales 88 NMP/100 ml y para coliformes termotolerantes 6 NMP/100 ml, resultados que permitieron establecer que las aguas del río Coata presentan contaminación bacteriológica de origen fecal, demostrando que la contaminación ha ido en aumento, esto debido a la contaminación de los diversos ríos que tributan al río Coata, tal es el caso del río Torococha, que presenta elevada carga bacteriológica según los resultados del presente estudio.

De igual manera, Mendoza (2011), en el estudio de la microbiología y factores físicos del agua del río Ilave, obtuvo valores promedio de coliformes totales 10000 NMP/100 ml, coliformes fecales 1500 NMP/100 ml, y mesófilos viables 5348 UFC/ml, dichos resultados exceden los estándares de calidad ambiental para coliformes totales, en ríos de la sierra, resultados similares se obtuvieron en el presente estudio realizado en el río Torococha, esto debido a que muchos compuestos contaminantes ingresan en el ambiente a través de algunas fuentes y vías, tales como aguas residuales de tipo doméstico e industrial, residuos de plantas de tratamiento, de efluentes hospitalarios, actividades agrícolas y ganaderas, Gil *et al.*,(2012), y según Suller (2009), la contaminación de las aguas es debido a diferentes fuentes de contaminación industrial, y

la falta de tratamiento de las aguas servidas y el uso indiscriminado de agroquímicos, otro estudio en la ciudad de Aplao – Arequipa, realizado por Quispe (2010), determinó que en el río Aplao, en la zona A la cantidad de coliformes totales fue de 4200 NMP/100 ml y coliformes fecales 1881 NMP/100 ml, en la zona B la cantidad de coliformes totales fue 26 NMP/100 ml y coliformes fecales 11 NMP/100 ml y en la zona C coliformes totales fue 6 NMP/100 ml y coliformes fecales 0 NMP/100 ml, resultados inferiores a los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales ríos de la costa, dichos resultados difieren con el presente estudio, debido a que es otra zona ecológica y las condiciones ambientales a las que son sometidas son diferentes.

Los valores obtenidos en los análisis bacteriológicos realizados, en el río Torococha exceden los límites establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales de la sierra (MINAM, 2012), para coliformes totales y fecales por lo tanto se acepta la hipótesis nula que indica, que el número más probable (NMP) de coliformes totales, fecales y termotolerantes del río Torococha exceden los límites permisibles del estándar de calidad ambiental.

#### **4.2. Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas de pozo de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca mediante el NMP a distancia de 100 y 200 m respecto al río Torococha.**

El recuento de Coliformes totales, fecales y termotolerantes en 5 muestras de aguas de pozo ubicadas a 100 m de distancia del río Torococha en el barrio San Isidro, obteniendo como promedio para el pozo 1: 1550 NMP/100 ml de CT, 15 NMP/100 ml de CF y 5 NMP/100 ml de CTT; pozo 2: 5765 NMP/100 ml de CT, 55 NMP/100 ml de CF y 15 NMP/100 ml de CTT; pozo 3: 11000 NMP/100 ml de CT, 330 NMP/100 ml de CF y 10 NMP/100 ml de CTT; pozo 4: 5580 NMP/100 ml de CT, 75 NMP/100 ml de CF y 0 NMP/100 ml de CTT; pozo 5: 5710 NMP/100 ml de CT, 45 NMP/100 ml de CF y 0 NMP/100 ml de CTT, en promedio del total de muestras analizadas de 5 pozos se obtuvo: 5921 NMP/100 ml de CT, 104 NMP/100 ml de CF y 6 NMP/100 ml de CTT (Tabla 2).

**Tabla 2.** Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Isidro a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015.

N° Repet.	Barrio San Isidro	CT NMP/100	CF NMP/100	CTR NMP/100
		ml $\bar{X}$	ml $\bar{X}$	ml $\bar{X}$
2	P1	1550	15	5
2	P2	5765	55	15
2	P3	11000	330	10
2	P4	5580	75	0
2	P5	5710	45	0
<b>10</b>	$\bar{X}$	<b>5921</b>	<b>104</b>	<b>6</b>

Estos resultados exceden los límites máximos permisibles de 0 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, 3 NMP/100 ml para coliformes totales y 0 NMP/100 ml para coliformes fecales, del estándar nacional de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012).

Estudios realizados por Guevara (2000), en aguas de pozo de la localidad de Pilcuyo, determinó que de un total de 11 pozos el 54.54% tenían calidad ideal y el resto calidad aceptable, resultados que difieren con los obtenidos en el presente estudio, puesto que se encontró que el total de pozos muestreados, exceden los estándares de calidad ambiental para aguas subterráneas, la diferencia de resultados se debería a las condiciones de contaminación química y biológica, lo que hace posible la contaminación biológica por bacterias o virus que son introducidos en el acuífero por los vertidos de productos fecales de origen humano o animal (IGME, 2010), por otro lado (Soto, 2012), analizó las aguas de pozo utilizadas en los mercados de la ciudad de Puno, determinando que, para el mercado Bellavista la cantidad de coliformes totales fue de 827.25 NMP/100 ml, coliformes termotolerantes 111 NMP/100 ml y *Escherichia coli* 164 NMP/100 ml, y en el mercado Union y Dignidad, la cantidad de coliformes totales fue de 102 NMP/100ml, coliformes termotolerantes 0.75 NMP/100ml y *Escherichia coli* 96 NMP/100 ml, resultados que demuestran elevada contaminación por coliformes totales y coliformes fecales de las aguas de pozo utilizadas en los mercados de la ciudad de Puno, lo que permite inferir que los pozos no son higienizados y no tienen tratamiento.

Otro estudio similar realizado por Méndez *et al.*, (2014), determinaron la calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán – México, con un reporte de evaluación de 106 pozos, determinando que el 83.1% de los pozos excedieron los límites permisibles para coliformes totales y coliformes fecales en la NOM-127.SSA1-1994; el 84.9% de los pozos muestreados, tienen contaminación fecal y que el 34 % de los pozos, la contaminación fecal puede asociarse con origen animal y el 50% de los pozos la contaminación fecal puede asociarse con un origen humano, al respecto, Gonzales *et al.*,(2007), menciona que el ganado y las aves de corral depositan sus heces en las cercanías de los pozos, por tanto durante la extracción de agua, el arrastre de la cuerda lleva materia orgánica la cual se deposita en la fuente de agua, lo que se evidenció en el presente estudio, ya que al momento de realizar la toma de muestras se pudo observar la presencia de diversos animales domésticos en cercanías a los pozos y del mismo modo se observó la presencia de letrinas.

Los resultados del presente estudio, permiten señalar que los resultados de análisis bacteriológico en pozos ubicados a 100 m del río Torococha en el barrio San Isidro, exceden los límites máximos permisibles establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012), por lo tanto se acepta la hipótesis nula que menciona, que el número más probable (NMP) de coliformes fecales, totales y termotolerantes de las aguas de pozo a 100 m de distancia del río Torococha exceden los límites permisibles del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas.

El porcentaje de la frecuencia de calidad bacteriológica en 5 muestras de aguas de pozo, ubicados a 100 m del río Torococha en el barrio San Isidro, presentan como resultado que el 100 % de las muestras son rechazables (Tabla 3), debido a la elevada cantidad de bacterias de tipo coliformes, superan los valores permisibles del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas, por tanto el 100 % de las muestras de agua analizadas son consideradas de mala calidad.

**Tabla 3.** Frecuencia de la calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Isidro a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015.

Repet.	Pozo	Aceptable		Rechazable	
		N	%	N	%
2	P1	0	0.00	2	20.00
2	P2	0	0.00	2	20.00
2	P3	0	0.00	2	20.00
2	P4	0	0.00	2	20.00
2	P5	0	0.00	2	20.00
<b>10</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por (Curo, 2005), en el estudio de la calidad bacteriológica de agua de pozos, en donde obtuvo valores de 3046 NMP/100 ml para coliformes Totales, 48 NMP/100 ml para coliformes fecales, calificando como de mala calidad bacteriológica las aguas de la comunidad debido a las malas condiciones higiénicas de los pozos.

Del mismo modo Gonzales *et al.*, (2007), en el estudio de la calidad de agua en el municipio de León – Nicaragua, evaluaron 69 pozos de los cuales el 95.7% no cumplen con las normas CAPRE, existiendo un grado de asociación significativa entre la contaminación microbiana y la presencia de animales cerca del pozo, otra investigación similar realizada por Méndez *et al.*, (2014), donde evaluaron 106 pozos de abastecimiento para agua potable en México, de los cuales se determinó que el 84.9% de las muestras tuvieron contaminación fecal, en tanto Guevara (2000), determinó que de un total de 11 pozos; 6 de ellos (54.54%) suministraron agua de una calidad ideal de acuerdo a lo propuesto con Canadian Drinking Water Estándar and Objectives y 5 pozos (45.45%) abastecieron agua de calidad aceptable, estos resultados difieren con el presente estudio, debido a las diferentes condiciones de contaminación biológica a las que están sometidos los pozos ubicados a 100 m, como es el río Torococha, presencia de animales domésticos, los botaderos de residuos sólidos y la falta de higiene y tratamiento de los pozos.

El número de Coliformes totales, fecales y termotolerantes en 5 muestras de aguas de pozo ubicadas a 200 m de distancia del río Torococha en el barrio San Isidro, se obtuvo como resultado promedio para el pozo 1: 820 NMP/100 ml de CT, 15 NMP/100 ml de CF y 15 NMP/100 ml de CTT; pozo 2: 11000 NMP/100 ml de CT, 115 NMP/100 ml de CF y 0 NMP/100 ml de CTT; pozo 3: 225 NMP/100 ml de CT, 30 NMP/100 ml de CF y 0 NMP/100 ml de CTT; pozo 4: 5635 NMP/100 ml de CT, 100 NMP/100 ml de CF y 25 NMP/100 ml de CTT; pozo 5: 5765 NMP/100 ml de CT, 340 NMP/100 ml de CF y 20 NMP/100 ml de CTT, en promedio del total de muestras analizadas de 5 pozos se obtuvo: 4689 NMP/100 ml de CT, 120 NMP/100 ml de CF y 12 NMP/100 ml de CTT (Tabla 4). Por lo tanto la carga bacteriana determinada es elevada para el consumo humano.

**Tabla 4.** Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Isidro a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca marzo a junio 2015.

N° Repet.	Pozo	CT NMP/100ml	CF NMP/100ml	CTR NMP/100ml
		$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$
2	1	820	15	15
2	2	11000	115	0
2	3	225	30	0
2	4	5635	100	25
2	5	5765	340	20
<b>10</b>	<b>Prom</b>	<b>4689</b>	<b>120</b>	<b>12</b>

Los resultados obtenidos superan los estándares de calidad ambiental para aguas subterráneas, por lo tanto están calificadas como de mala calidad debido a que superan los valores permisibles de 0 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, 3 NMP/100 ml para coliformes totales y 0 NMP/100 ml para coliformes fecales, establecido por el ECA nacional (MINAM, 2012).

En el estudio realizado en pozos de la comunidad de Molloko realizado por Cuero (2005), determinó 3046 NMP/100 ml para coliformes Totales y 48 NMP/100 ml para coliformes fecales catalogando como aguas de mala calidad bacteriológica, resultados que difieren con Soto (2012), que analizó las aguas de pozo utilizada en los mercados de la ciudad de Puno, donde determinó coliformes totales 827.25 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 111 NMP/100 ml y *Escherichia coli* 164 NMP/100 ml, para el mercado Bellavista, mientras que en el mercado Unión y Dignidad, los resultados fueron:

coliformes totales 102 NMP/100ml, coliformes termotolerantes 0.75 NMP/100ml y *Escherichia coli* 96 NMP/100 ml, estos resultados exceden el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas, por otra parte en Oaxaca-Mexico, Martinez *et al.*,(2013), evaluaron la calidad de agua en 5 pozos, obteniendo valores para coliformes totales entre 8277.80 y 11141.30 NMP/100 ml y para los coliformes fecales, valores entre 7.40 y 920.20 NMP/100 ml, los cuales sobrepasan los límites establecidos por la norma mexicana, resultados similares fueron encontrados en el presente estudio, esto debido a la poca importancia de los usuarios en temas de higiene y mantenimiento de los pozos, así como de las autoridades, las cuales no realizan evaluaciones permanentes a estos cuerpos de agua.

Los resultados de análisis bacteriológico en pozos a 200 m del río Torococha del barrio San Isidro, exceden los límites máximos permisibles establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012), por lo tanto se acepta la hipótesis nula que menciona, que el número más probable (NMP) de coliformes fecales, totales y termotolerantes de las aguas de pozo a 200 m de distancia del río Torococha exceden los límites permisibles del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas.

El porcentaje de la frecuencia de calidad bacteriológica en 5 muestras de aguas de pozo, ubicados a 200 m del río Torococha en el barrio San Isidro, presentan como resultado que el 100 % de las muestras son rechazables (Tabla 5), debido a la elevada cantidad de bacterias de tipo coliformes, superan los valores permisibles del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas, por tanto el 100 % de las muestras de agua analizadas, son consideradas de mala calidad.

**Tabla 5.** Frecuencia de la Calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Isidro a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca, marzo a junio 2015.

N° Repet	Pozo	Aceptable		Rechazable	
		N	%	N	%
2	P1	0	0.0	2	20
2	P2	0	0.0	2	20
2	P3	0	0.0	2	20
2	P4	0	0.0	2	20
2	P5	0	0.0	2	20
<b>10</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

De acuerdo a los estándares de calidad ambiental (MINAM, 2012), las aguas analizadas de 5 pozos, el 100% exceden los estándares de calidad ambiental para aguas subterráneas, por lo tanto estas aguas son catalogadas como de mala calidad bacteriológica, debido a la elevada carga bacteriológica, esto al parecer a la falta de mantenimiento adecuado de los pozos, además de los focos infecciosos a los que están sometidos como, presencia de animales domésticos, letrinas vecinas y botaderos clandestinos de residuos sólidos.

Estudios realizados por la UNAJ (2015), en la evaluación de la calidad de agua de pozos ubicados en la zona adyacente al botadero Chilla en la ciudad de Juliaca, se determinó que de un total 08 muestras de pozos analizadas 07 presentaban contaminación por coliformes totales, mientras que para coliformes fecales de 08 muestras analizadas, 03 fueron positivas, lo cual indico que las aguas de pozo adyacentes al botadero de Chilla presentan contaminación por coliformes y por ende son catalogadas como de mala calidad bacteriológica debido a que exceden los límites máximos permisibles establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (ECA), estos resultados coinciden con el presente estudio, debido a que ambas zonas de muestreo están sometidas a los mismos contaminantes, como los residuos sólidos y presencia de letrinas.

Cutimbo (2012), obtuvo de un total de 46 pozos muestreados, el recuento de bacterias heterotróficas fue de 2%, para coliformes totales 54% y para bacterias termotolerantes 11%, donde 21 pozos (46%) de aguas de pozos se encontraban bacteriológicamente aptas para el consumo humano y 25 (54%) no aptas del mismo modo en Chile, Bastidas (2009), evaluó 157 muestras de agua de pozos, determinando que el 92.4% de las muestras presentaban contaminación con coliformes totales, el 59.2% con coliformes fecales y el 58.6% con *E.coli*, haciendo que estas aguas no estén aptas para el consumo humano, estos resultados son diferentes a los encontrados en el presente estudio ya que el 100% de los pozos muestreados a 200 m del río Torococha, no son aptos para el consumo humano, debido a que exceden el límite establecido por el estándar de calidad ambiental para agua subterránea (ECA), aparentemente debido a que los pozos no están expuestos a medios de contaminación tan pronunciados como los pozos evaluados en el presente estudio, aunado al hecho de que se trata de otra zona geográfica.

El recuento de Coliformes totales, fecales y termotolerantes en 5 muestras de aguas de pozo ubicadas a 100 m de distancia del río Torococha en el barrio San Jacinto, proporciono como resultado promedio para el pozo 1: 5595 NMP/100 ml de CT, 390 NMP/100 ml de CF y 45 NMP/100 ml de CTT; pozo 2: 5765 NMP/100 ml de CT, 5535 NMP/100 ml de CF y 20 NMP/100 ml de CTT; pozo 3: 1095 NMP/100 ml de CT, 75 NMP/100 ml de CF y 0 NMP/100 ml de CTT; pozo 4: 5965 NMP/100 ml de CT, 35 NMP/100 ml de CF y 60 NMP/100 ml de CTT; pozo 5: 1225 NMP/100 ml de CT, 55 NMP/100 ml de CF y 50 NMP/100 ml de CTT, en promedio del total de muestras analizadas de 5 pozos se obtuvo: 3929 NMP/100 ml de CT, 1218 NMP/100 ml de CF y 35 NMP/100 ml de CTT (Tabla 6), haciendo de estas aguas no aptas para consumo humano.

**Tabla 6.** Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Jacinto a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015.

N° Repet.	Pozo	CT NMP/100ml $\bar{X} \pm DE$	CF NMP/100ml $\bar{X} \pm DE$	CTR NMP/100ml $\bar{X} \pm DE$
2	1	5595 $\pm$ 7644	390 $\pm$ 509	45 $\pm$ 21
2	2	5765 $\pm$ 7403	5535 $\pm$ 7729	20 $\pm$ 14
2	3	1095 $\pm$ 1421	75 $\pm$ 21	0 $\pm$ 0
2	4	5965 $\pm$ 7121	35 $\pm$ 7	60 $\pm$ 42
2	5	1225 $\pm$ 1237	55 $\pm$ 21	50 $\pm$ 28
<b>10</b>	<b>Prom</b>	<b>3929 <math>\pm</math> 4930</b>	<b>1218 <math>\pm</math> 3444</b>	<b>35 <math>\pm</math> 30</b>

Los resultados nos indican que, la calidad bacteriológica del agua de pozos a 100 m es deficiente y no apta para consumo, debido a que superan los valores permisibles establecido por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012).

Al respecto Mullizaca (2001), demostró que el suministro de agua de pozo que utilizan las familias, causan el 58.5% de enfermedades diarreicas agudas y el 60% de aguas eran positivas para coliformes totales y 20% positivo para coliformes fecales y concluyó que existe relación con las enfermedades diarreicas agudas debido a la mala calidad del agua o mal estado de conservación, este resultado nos indica la exposición a enfermedades diarreicas a las que están sometidos los pobladores del barrio San Jacinto, ya que estos

utilizan agua provenientes de pozos, en sus diferentes actividades incluido el consumo humano.

En estudios realizados por Fernández y Fernández (2007), reportan que los análisis bacteriológicos de coliformes fecales y totales fueron de 5 CF/100 ml y 90 CT/100 ml respectivamente, este resultado es diferente al encontrado en el presente estudio, debido a las diferentes fuentes de contaminación a los que están sometidos los pozos del barrio San Jacinto como el río Torococha, aunado a la falta de mantenimiento y limpieza de los pozos por parte de los usuarios.

Los resultados de análisis bacteriológico en pozos a 100 m del río Torococha del barrio San Jacinto, exceden los valores establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012), por lo tanto se acepta la hipótesis nula que menciona, que el número más probable (NMP) de coliformes fecales, totales y termotolerantes de las aguas de pozo a 100 m de distancia del río Torococha, exceden los valores del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas.

El porcentaje de la frecuencia de calidad bacteriológica en 5 muestras de aguas de pozo, ubicados a 100 m del río Torococha en el barrio San Jacinto, presentan como resultado que el 100 % de las muestras son rechazables (Tabla 7), debido a la elevada cantidad de bacterias de tipo coliformes, las cuales superan los valores permisibles del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas, por tanto el 100 % de las muestras de agua analizadas, son consideradas de mala calidad.

**Tabla 7.** Calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Jacinto a 100 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015.

N° Repet	Pozo	Aceptable		Rechazable	
		N	%	N	%
2	P1	0	0.0	2	20
2	P2	0	0.0	2	20
2	P3	0	0.0	2	20
2	P4	0	0.0	2	20
2	P5	0	0.0	2	20
<b>10</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

La carga bacteriana encontrada supera los valores permisibles de 0 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, 3 NMP/100 ml para coliformes totales y 0 NMP/100 ml para coliformes fecales establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012).

Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales, esto se evidencia en los pozos del barrio San Jacinto debido a la cercanía con el río Torococha en el cual se vierten aguas servidas provenientes de los desagües, los que tiene conexión directa con este río, además de las malas condiciones de saneamiento de estas fuentes de agua.

Los resultados del recuento de Coliformes totales, fecales y termotolerantes en 5 muestras de aguas de pozo ubicadas a 200 m de distancia del río Torococha en el barrio San Jacinto, proporciono como resultado promedio para el pozo 1: 260 NMP/100 ml de CT, 20 NMP/100 ml de CF y 0 NMP/100 ml de CTT; pozo 2: 11000 NMP/100 ml de CT, 60 NMP/100 ml de CF y 45 NMP/100 ml de CTT; pozo 3: 3050 NMP/100 ml de CT, 235 NMP/100 ml de CF y 20 NMP/100 ml de CTT; pozo 4: 1425 NMP/100 ml de CT, 45 NMP/100 ml de CF y 15 NMP/100 ml de CTT; pozo 5: 515 NMP/100 ml de CT, 20 NMP/100 ml de CF y 30 NMP/100 ml de CTT, en promedio del total de muestras analizadas de 5 pozos se obtuvo: 3250 NMP/100 ml de CT, 76 NMP/100 ml de CF y 22 NMP/100 ml de CTT (Tabla 8), haciendo de estas aguas no aptas.

**Tabla 8.** Promedio del NMP de bacterias coliformes en agua de pozo del barrio San Jacinto a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015.

N° Repet	Pozo	CT NMP/100 ml	CF NMP/100 ml	CTR NMP/100 ml
		$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$
2	1	260	20	0
2	2	11000	60	45
2	3	3050	235	20
2	4	1425	45	15
2	5	515	20	30
<b>10</b>	<b>Prom</b>	<b>3250</b>	<b>76</b>	<b>22</b>

Los resultados obtenidos para los 5 pozos superan los límites máximos permisibles de 0 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, 3 NMP/100 ml para coliformes totales y 0 NMP/100 ml para coliformes fecales, establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012).

Un estudio anterior realizado por Soto (2012), determinó la calidad bacteriológica de agua de pozo utilizada en los mercados de la ciudad de Puno, en donde obtuvo valores para coliformes totales de 827.25 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 111 NMP/100 ml y *Escherichia coli* 164 NMP/100 ml para el mercado Bellavista y coliformes totales 102 NMP/100 ml, coliformes termotolerantes 0.75 NMP/100 ml y *Escherichia coli* 96 NMP/100 ml, para el mercado Unión y Dignidad, estos resultados superan el límite máximo permisible del (ECA), al igual que los resultados obtenidos en este estudio, a causa probablemente de los contaminantes existentes en los mercados tales como: residuos sólidos, cercanía con los servicios sanitarios y malas costumbres de los pobladores, en cambio los pozos muestreados a 200 m del río Torococha en el barrio San Jacinto están sometidos a una mayor fuente de contaminación debido a la cercanía con el río, botaderos de basura y malas costumbres de los habitantes.

Al respecto Montes de Oca (2009), encontró concentraciones de coliformes termotolerantes 6300 UFC/100 ml a una profundidad del nivel freático de 0.4 a 16.3 m, aduciendo que los valores determinados, fueron el resultado de la actividad agrícola y ganadera, además de la mala ubicación y mantenimiento inadecuado de pozos sépticos, estos análisis difieren con los resultados del presente estudio, probablemente al uso de abonos orgánicos, excretas animales y cercanía con los pozos sépticos, en cambio los pozos analizados en el presente estudio se encuentran a 200 m de distancia respecto al río Torococha, constituyendo una barrera para la diseminación de más microorganismos.

Las aguas subterráneas suelen estar notablemente amortiguados debido a los mecanismos de autodepuración de los acuíferos y especialmente del suelo y de la zona no saturada de los mismos. La autodepuración se realiza fundamentalmente por filtración y adsorción de bacterias y virus en las fracciones más finas de la matriz de acuíferos, las aguas subterráneas, son más difíciles de contaminar, pero la solución, si esto ocurre, nunca es sencilla, en algunas ocasiones, imposible (IGME, 2010).

Los resultados de análisis bacteriológico en pozos a 200 m del río Torococha en el barrio San Jacinto, exceden los límites máximos permisibles establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012), por lo tanto se acepta la hipótesis nula que menciona, que el número más probable (NMP) de coliformes fecales, totales y termotolerantes de las aguas de pozo ubicadas a 200 m de distancia del río Torococha exceden los límites máximos permisibles del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas.

El porcentaje de la frecuencia de calidad bacteriológica en 5 muestras de aguas de pozo, ubicados a 200 m del río Torococha en el barrio San Jacinto, presentan como resultado que el 100 % de las muestras son rechazables (Tabla 9), debido a la elevada cantidad de bacterias de tipo coliformes, las cuales superan los valores permisibles del estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas, por tanto el 100 % de las muestras de agua analizadas, son consideradas de mala calidad.

**Tabla 9.** Calidad bacteriológica de las aguas de pozo del barrio San Jacinto a 200 m de distancia del río Torococha, Juliaca 2015.

N° Repet	Pozo	Aceptable		Rechazable	
		N	%	N	%
2	P1	0	0.0	2	20
2	P2	0	0.0	2	20
2	P3	0	0.0	2	20
2	P4	0	0.0	2	20
2	P5	0	0.0	2	20
<b>10</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Los resultados, muestran los porcentajes de los pozos que según los datos obtenidos son de mala calidad bacteriológica, debido a la carga bacteriana presente que supera los valores permisibles de 0 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes, 3 NMP/100 ml para coliformes totales y 0 NMP/100 ml para coliformes fecales establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (MINAM, 2012), por lo tanto la totalidad de las muestras analizadas son catalogadas como de mala calidad bacteriológica.

El agua subterránea captada en manantiales pozos o sondeos tiene prácticamente sólo tres aplicaciones útiles: el abastecimiento urbano el agrícola y el industrial. La primera

de estas aplicaciones es, con mucho, la que de verse afectada por la contaminación puede comportar consecuencias más graves. En principio los agentes contaminantes involucrados en la contaminación del agua subterránea no son distintos de los que ocasionan la del agua superficial a saber: sales normales, nitratos, materia orgánica (biodegradable o no) compuestos tóxicos orgánicos o inorgánicos, metales pesados microorganismos patógenos elementos radioactivos.

Marín *et al.* (2002), determinaron que de un total de 80 pozos muestreados, el recuento de bacterias aerobias mesófilas fue de 94.81%, presentaron valores inferiores al límite permisible de la norma Argentina, el 97.03% de las muestras de agua de pozo fueron negativas, no se demostró presencia de coliformes fecales, estos resultados difieren con la presente investigación, debido a las fuentes de contaminación más pronunciadas a las que esta sometidos los pozos a 200 m del río Torococha.

Así mismo el estudio realizado por la UNAJ (2015), en la evaluación de la calidad de agua de pozos ubicados en la zona adyacente al botadero Chilla en la ciudad de Juliaca, determinaron que de un total 08 muestras de pozos analizadas 07 presentaban contaminación por coliformes totales, mientras que para coliformes fecales de 08 muestras analizadas, 03 fueron positivas, lo cual indico que las aguas de pozo adyacentes al botadero de Chilla presentan contaminación por coliformes y por ende son catalogadas como de mala calidad bacteriológica debido a que exceden los valores establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas (ECA), las aguas de pozo ubicadas a 200 m del río Torococha también están expuestas a los contaminantes del botadero de residuos sólidos.

#### **4.3. Comparar la calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, en relación a las aguas de pozo a 100 y 200 m de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca.**

La relación del recuento bacteriológico de los coliformes totales, fecales y termotolerantes de las aguas del río Torococha y los pozos de barrio San Isidro y San Jacinto ubicados a 100 y 200 m, dando como resultados promedio para el río Torococha: coliformes totales 11000 NMP/100 ml, coliformes fecales 2675 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 157.5 NMP/100 ml; para los pozos a 100 m: coliformes totales 4925 NMP/100 ml, coliformes fecales 661 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 20.5 NMP/100 ml; para los pozos a 200 m: coliformes totales 3969

NMP/100 ml, coliformes fecales 98 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 17 NMP/100 ml (Tabla 10).

**Tabla 10.** Calidad bacteriológica del agua en coliformes totales, coliformes fecales y coliformes termotolerantes (NMP/100 ml), según distancia del río Torococha de la ciudad de Juliaca.

Coliformes	C. Totales			C. Fecales			C. Termotolerantes		
	Río	100	200	Río	100	200	Río	100	200
San Isidro (zona I)	11000	5921	4689	2000	104	120	115	6	12
San Jacinto (zona II)	11000	3929	3250	3350	1218	76	200	35	22
Promedio	11000	4925	3969	2675	661	98	157.5	20.5	17
F de Fisher	2.64			4.46			8.405		
Probabilidad	P = 0.0832			P = 0.0176			P = 0.001		

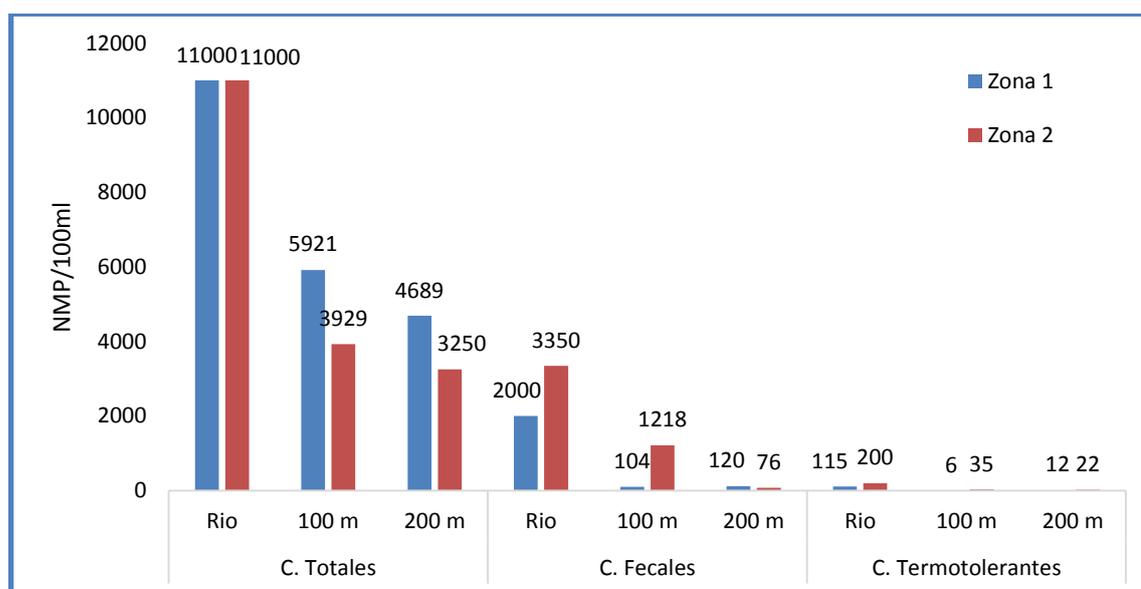


Figura 4. Calidad bacteriológica del agua en coliformes totales, fecales y termotolerantes, (NMP/100 ml) en el río y pozos de agua según distancia al río Torococha en la ciudad de Juliaca 2015.

Los valores obtenidos tanto del río y de los pozos superan los límites máximos permisibles establecidos por el estándar de calidad ambiental para las dos categorías, catalogando a estas aguas como de mala calidad bacteriológica ya que superan los límites máximos permisibles establecidos por el estándar de calidad ambiental (MINAM, 2012), es sus respectivas categorías.

Al respecto Flores (2014), obtuvo en la zona A coliformes totales 7940 NMP/100 ml; coliformes fecales 48 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 0 NMP/100 ml Zona B; coliformes totales 9720 NMP/100 ml; coliformes fecales 352NMP/100 ml; coliformes

termotolerantes 12 NMP/100 ml y en la zona C; coliformes totales 9120 NMP/100 ml; coliformes fecales 88 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 6 NMP/100 ml, los coliformes totales excedieron los límites máximos permisibles según normas de calidad ambiental, (MINAM , 2011) siendo la zona B la de mayor contaminación bacteriológica, resultados más elevados se determinaron en el presente estudio, debido a que las zonas de muestreo están sometidas a fuentes de contaminación motivo por el cual la carga bacteriana se ve incrementada en número afectando al calidad de agua de este río, al respecto el río Torococha está sometido a las descargas de los desagües, residuos sólidos y presencia de animales haciendo que su calidad bacteriológica se ve seriamente afectada, cabe mencionar que el río Torococha tributa en el río Coata, este a su vez al lago Titicaca haciendo que toda la carga bacteriana del río Torococha vaya a parar al lago.

El análisis estadístico utilizando la prueba de análisis de varianza, resultó que existe diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) en la calidad del agua del río Torococha en comparación a la calidad bacteriológica del agua de los pozos a 100 y 200 m de los barrios San Isidro y San Jacinto respecto a los coliformes fecales y coliformes termotolerantes, lo que demuestra que el río Torococha tiene un índice de contaminantes bacterianos mayor al de los pozos ubicados a 100 y 200 m de distancia, por lo tanto se acepta la hipótesis nula que indica que la carga bacteriana del río Torococha es mayor en comparación a la carga bacteriana de los pozos ubicados a 100 y 200 m.

## V. CONCLUSIONES

1. La calidad bacteriológica del río Torococha en la zona I (inicio) fue: coliformes totales 11000 NMP/100 ml, coliformes fecales 2000 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 115 NMP/100 ml. Los valores del río Torococha zona II (final) fueron: coliformes totales 11000 NMP/100 ml, coliformes fecales 3350 NMP/100 ml y para coliformes termotolerantes 200 NMP/100 ml estos valores bacteriológicos exceden los estándares de calidad ambiental para ríos de la sierra (coliformes totales 3000 NMP/100 ml), catalogando las aguas del río “Torococha” como de mala calidad bacteriológica.

2. La calidad bacteriológica de los pozos, en los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca fueron: para los pozos ubicados a 100 m para coliformes totales 4925 NMP/100 ml, coliformes fecales 661 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 20,5 NMP/100 ml. Los promedios del análisis bacteriológico para coliformes totales, coliformes fecales y termotolerantes para los pozos a 200 m para coliformes totales fue de 3969 NMP/100 ml, coliformes fecales fue de 98 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes fue de 17 NMP/100 ml, todos estos valores exceden los límites máximos permisibles establecidos por el estándar de calidad ambiental para aguas subterráneas, categoría A1 (coliformes totales 3 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes 0 NMP/100 ml) por lo tanto estas aguas son consideradas de mala calidad bacteriológica.

3. La calidad bacteriológica de las aguas del río Torococha, en comparación a las aguas de pozo en los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca, presentan variación significativa, en cuanto a los índices de coliformes fecales y termotolerantes, ya que los valores para el río fueron de 2675 NMP/100 ml; en aguas de pozos a 100 m del río se tiene en promedio 661 NMP/100 ml, del mismo modo para 200 m fue de 98 NMP/100 ml, por ende existe variación significativa para coliformes termotolerantes ya que los resultados de coliformes termotolerantes para el río Torococha fueron de 157.5 NMP/100 ml; en aguas de pozos a 100 m del río se tiene en promedio 20.5 NMP/100 ml, y para pozos a 200 m fue de 17 NMP/100 ml, indicando que la calidad bacteriológica del agua del río Torococha tiene un índice de contaminación mayor al de los pozos, debido a la presencia de distintas fuentes de contaminación.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades competentes, de la provincia de San Román y que puedan realizar proyectos de descontaminación de esta fuente hídrica, en favor de la comunidad que vive en las cercanías de este importante río.
- Complementar la investigación de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del río Torococha además de un estudio del tipo de suelo de los alrededores.
- Se recomienda a las entidades responsables realizar evaluaciones periódicas, de los pozos circundantes al río, ya que el uso de las aguas de pozo es frecuente, por ende deberían ser tratados, para evitar futuras enfermedades.
- Investigar bacterias patógenas y parásitos presentes en los pozos de los barrios San Isidro y San Jacinto, debido a que la población consume agua de esta fuente.

## VII. LITERATURA CITADA

Apella M.C. y Araujo P.Z. 2011. Microbiología de agua. Conceptos básicos. Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Argentina. 18 p.

Aurazo M. 2004 Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente. Perú.

Autoridad Nacional del Agua - ANA. 2011. Identificación de fuentes de contaminación y monitoreo de la calidad del agua en las cuencas Coata, Ilave, Illpa y Embalse Pasto Grande. Dirección de la gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos, 1-65 p.

Autoridad Nacional del Agua – ANA. 2015. La importancia de la gestión del agua en el Perú. Primera edición. Impresión Anghelo Manuel Rodríguez Paredes. Lima – Perú. 17 pp.

Avila L. 2017. Proyecto de ley que declara de interés nacional y necesidad publica la descontaminación, construcción de muros de contención y techado del rio Torococha en la zona urbana del distrito de Juliaca, provincia de San Román del departamento de Puno. 15 p.

Bastidas L.M. 2009. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile 1- 45 p.

Buelta A. y Martínez R. 2011. Guía básica de control de calidad de agua. ONGAWA, Madrid – España. 18 pp.

Caho C. A. y López E. A. 2017. Determinación del índice de calidad de agua para el sector occidental del humedal Torca – Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Vol. 12, No. 2 – 35-49. Bogotá – Colombia.

Cairampoma A. y Villegas P. 2016. Régimen jurídico de las aguas subterráneas en el Perú. Revista de Derecho. THEMIS 69 PUCP. Lima – Perú.

Camacho A. Giles M. Ortigón M. Palao B. y Velásquez O. 2009. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. Segunda Edición. México.

Carbajal A. y González M. 2012. Propiedades y funciones biológicas del agua. Agua para la salud, ISBN: 978-84-00-09572-7, pp: 33-45. Madrid – España.

Carranza R. 2001 Medio ambiente problemas y soluciones. Primera edición. Editorial Universidad Nacional del Callao. Callao-Perú; 201 pp.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS. 2012. Capítulo VII. Fundamentos para la caracterización de las aguas, 404 pp.

Clair N. Perry L. McCarty, y Gene F. 2000 Química para ingeniería ambiental. Cuarta Edición.

Collazo M. P. y Montañó J. 2012. Manual de agua subterránea. Primera edición. ISBN: 978-9974-594-09-8. Montevideo – Uruguay. 123 pp.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT 2008. Norma Salvadoreña Agua. Agua potable. (Segunda actualización). NSO San Salvador, ES. 20 pp.

Cutimbo T. 2012. Calidad Bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de Yarada y los Palos del distrito de Tacna. Tesis para optar el título de licenciado en Biología, Facultad de ciencias biológicas Escuela Profesional de Biología. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman-Tacna.

Curo M. 2005. Calidad Bacteriológica de Agua de Pozos de la Comunidad de Molloko – Acora. Tesis para optar el título de licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano. 41 pp.

Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA. 2010. Procedimiento de análisis de coliformes totales, fecales y *E. coli*. Dirección de protección del ambiente. Área de laboratorio de protección ambiental: Ministerio de Salud. Puno – Perú. 20 pp.

Ercilio F., Rodríguez S., Cabel W., Ortiz I., Noriega P. y Tejada M. (2005). Desafíos del derecho humano al agua en el Perú. Segunda edición. Gráfica Loro's S.A. Lima – Perú. 259 pp.

Escuder, R., Fraile, J., Jordana, S., Ribera, F., Sanchez – Vila, X., Vázquez – Suñe, E. 2009. Hidrogeología. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. Barcelona – España.

Espigares M. 2006. Virus de consumo. Departamento de medicina preventiva y salud publica. Universidad de Granada. Facultad de farmacia. Granada – España. 173-189 p.

Espinoza J. 2007. Contaminación de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo suelo en el camposanto parques del paraíso Lurín – Lima. Tesis para optar el grado de Magister en ciencias ambientales. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Fernández A. 2012. El Agua: un recurso esencial. Química Viva, Vol. 11, N° 3, 147 - 170. Buenos Aires – Argentina.

Fernández M. y Fernández O. 2007. Evaluación de la calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del agua subterránea en pozos criollos del municipio de Moa. Rev. De Minería y Geología Vol.23, No.4:p.1-10.

Ferrari C.K. y Torres E.A. 1998. Contaminación de los alimentos por virus: un problema de salud pública poco comprendido. Revista panamericana de salud pública. 359-366 p.

Flores M. 2014. Parámetros Fisicoquímicos y Bacteriológicos del Río Coata, Zona Potamal - Región Puno. Tesis para optar el título de licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano. 69 pp.

Fuentes J. L. 1993. Aguas subterráneas. IRYDA, Corazón de María. ISBN: 84-341-0779-1. Madrid – España. 32 pp.

Gil M.J., Soto A.M., Usma J.I. y Gutiérrez O.D. 2012. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Producción Limpia. Vol. 7. 52 – 73 p.

Goldfrank R. 2006 Emergencias de toxicología. Nueva York. Mc Graw-Hill.

González G. 2012 Microbiología del Agua Conceptos y Aplicaciones. Primera Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia 409 pp.

Gonzales 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 noreste del municipio de León - Nicaragua.

Guevara R. 2000. Evaluación de la calidad de Agua de Pozos para consumo Humano de la Localidad de Pilcuyo. Tesis para optar el título de licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. 67 pp.

Instituto Geológico y Minero de España - IGME. 2010. Contaminación de aguas subterráneas. Madrid – España. 29 p.

Larrea J.A., Rojas M.M., Romeu B. Rojas N.M., y Heydrich M. 2012. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. Departamento de Microbiología y virología, facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba.

López J. A., Fornés J. M., Ramos G. y Villarroja F. 2009. Las aguas subterráneas, un recurso natural del subsuelo. Instituto geológico y minero. ISBN: 978-84-7840-806-1. España. 100 pp.

Lujan H.D. 2006. Giardia y giardiasis. Instituto de investigaciones médicas Mercedes y Martín Ferreyra. Cordova – Argentina. 70 – 75 p.

Luna S., Reyes L., Chinchilla M. y Catarinella G. 2002. Presencia de ooquistes de *Cryptosporidium spp* en aguas superficiales en Costa Rica. Facultad de microbiología. Universidad de Costa Rica. 63-65 p.

Marín G. Moyano S. Brussa D. Debernardi A. Pegoraro L. y Farías M. 2002. Calidad del agua de pozos de provisión a la ciudad de Villa María – Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional – Argentina.

Marín G. 2006. Físicoquímica y Microbiológica de los medios Acuáticos Tratamiento y control de calidad de aguas. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid España. 310 pp.

Martinez C., Huante Y., Santiago I., Sandoval G., Estrada C. y Madrid J. 2013. Diagnóstico de la calidad de agua de los pozos de Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca. Ciencia y Mar. México. 11-18 p.

Méndez R.I., Pacheco J.G., Castillo E.R., Cabrera A., Vásquez E.R. y Cabañas D.D. 2014. Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán México.

Mendoza C. 2011. Microbiología y factores físicos de las aguas de las desembocaduras de los principales ríos tributarios del lago Titicaca. Tesis para optar el Título de Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano Puno. 88 pp.

Ministerio del Ambiente – MINAM. 2012. Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua subterránea. Dirección General de Calidad Ambiental. Vice ministerio de Gestión Ambiental. Ministerio del Ambiente.

Mondaca M. 2003. Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Departamento de Microbiología Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Concepción – Chile.

Montes de Oca J. 2009. Diagnóstico de Calidad de Agua en Pozos excavados de tres comunidades del Valle del Yeguaré, Honduras. 44 pp.

Mora J. y Calvo G. 2010. Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. Vol.23. 34 -40 p.

Mullizaca R. 2001. Calidad del Agua para consumo humano y su relación con las enfermedades diarreicas agudas en la población sub – urbana de la ciudad de Juliaca. Tesis para optar el título de licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano.

Napoles J. y Abalos A. 2008. Biorremediación de ecosistemas contaminados con xenobioticos. 14 -15 pp.

Nicolet J. 2003. Compendio de bacteriología médica. Segunda edición. España: Editorial Acribia S.A.

Ordoñez J. J. (2011). Cartilla técnica: aguas subterráneas – acuíferos. Sociedad geográfica de Lima. ISBN: 978-9972-602-78-8. Lima – Perú. 44pp.

Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura – UNESCO. 2003. Water for people, water for life. Resumen. Mundi – Prensa Libros. Paris – Francia. 36 pp.

Organización Mundial de la Salud – OMS. 2006. Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición.

Plan director de la ciudad de Juliaca 2004 – 2015.

Peña Y. Santa cruz G. y Charcas H. 2012. Calidad del Agua en Pozos de la red de Monitoreo del Acuífero del Valle de San Luis de Potosí, México.

Pepper, I. L., Gerba, Ch. P. y Brusseau, M. L. (Eds). 1996. Pollution Science, Academic Press, UK.

Quispe H. 2010. Componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en aguas de consumo humano de la ciudad de Aplao, Valle de Majes. Arequipa. Tesis para optar el título de licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano Puno – Perú. 86 pp.

Robles E. Ramírez E. Duran A. Martínez M. y Gonzales M. 2013. Calidad Bacteriológica y Fisicoquímica del Agua del acuífero Tepalcingo - Axochiapan, Morelos, México. Universidad Nacional Autónoma de México facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Rock C. y Rivera B. 2014. La calidad del agua, *E. coli* y su salud. Universidad de Arizona. USA. 5 p.

Salgot, M., Sanchez, X. y Torrens, A. (1999). Recursos d'aigua. Fundació Agbar, España.

Sahuquillo H. Andrés. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 103, No. 1, pp 97 – 114. Valencia – España.

Sawyer C., Mac Carty P y Parking G. 1994. Química para la Ingeniería Ambiental. 5° Ed. Mc Graw Hill Internacional. Nueva York.

Sierra C. 2011. Calidad de Agua Evaluación y Diagnóstico. Ediciones de la U. Medellin – Colombia. 457 pp.

Snoeyink V. y Jenkins D. 1998. Química del agua, 10° Ed. Editorial Wiley. Nueva York.

Soni, H. B. y Thomas, S. 2014. Assessment of Surface wáter quality in relation to wáter quality index of tropical lentic environment. International journal of environment, 3(I), 168-176. Central Gujarat – India.

Soto Y. 2012. Calidad Bacteriológica de Agua de Pozo y Agua Potable utilizada en los Mercados de la Ciudad de Puno. Tesis para optar el título de licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano. 75 pp.

Spellman J. 2004. Manual de agua potable. Séptima Edición. Editorial Acribia. Madrid – España.

Suller E. 2009. Violación de derechos humanos a causa de daños ambientales en las cuencas del río Ramis, tesis de Bachiller. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas. 110 pp.

Universidad Nacional de Juliaca – UNAJ. 2015. Facultad de Ingeniería Ambiental. Evaluación de la Calidad de Agua de los pozos ubicados en la zona adyacente al botadero Chilla de la Ciudad de Juliaca. 20 pp.

Vargas L. 2008. Tratamiento de agua para consumo humano. Editorial Universidad Nacional del Callao. Lima – Perú. Volumen II. 4 pp.

## ANEXOS

Tabla 11. Estándares de Calidad Ambiental para Agua Subterránea.

Parámetro	Unidad	Tipos de Aguas Subterráneas			
		Categoría A		Categoría B	Categoría C
		A - 1	A - 2	B	C
<b>Aspectos Físico Químicos</b>					
Cloruros	mg/L	350	500	700	**
Conductividad	µS/cm	1600	2000	**	**
Dureza	mg/L	600	**	**	**
pH	pH	6,5-8,5	5,5-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5
Calcio	mg/L	150	200	200	**
Magnesio	mg/L	125	170	**	**
Sodio	mg/L	300	450	200	300
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500	500
Sulfatos	mg/L	300	350	400	**
<b>Nutrientes</b>					
Nitratos	mg/L-N	10*	10*	**	**
Nitritos	mg/L-N	1*	1*	**	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L-N	1,5	2	**	**
Fosforo Total	mg/L	**	**	**	0,4
Nitrógeno Total	mg/L	**	**	**	1,6
<b>Metaloides y Metales Pesados</b>					
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,05
Boro	mg/L	0,05	0,3	0,3	0,3
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,005	0,004
Cobre	mg/L	1	2	2	1
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,001	0,002
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,001
Zinc	mg/L	3	3	15	1
<b>Plaguicidas</b>					
Aldrín + Dieldrín	µg/L	0,001	0,03	0,03	0,001
Clordano	µg/L	0,01	0,2	0,2	0,01
DDT	µg/L	0,0001	0,001	0,001	0,0001
Lindano	µg/L	1	2	2	1
<b>Parámetros Microbiológicos</b>					
Coliformes Termotolerantes a 44,5 °C	NMP/100 ml	0	2000	2000	**
Coliformes Totales (35 – 37 °C)	NMP/100 ml	3	3000	5000	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	0	50	**

\*Este valor es para una exposición de corto plazo, tras lo cual se deberá bajar estos límites totales en conjunto del Nitrato y Nitrito (la suma de los cocientes entre la concentración de cada uno y su valor de referencia no deberá ser mayor que 1mg/L).

\*\*Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que a la autoridad competente lo determine.

Fuente: MINAM (2012).

**Tabla 12. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas superficiales.**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de partículas visibles	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					Delta 3°C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH		6,5-8,5		6,5-8,5	6,8-8,5	6,8-8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25-100	≤25-400	≤25-100	30,000
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0-1
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	.....
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,02	0,02	.....
Clorofila A	mg/L	10	.....	.....	.....	.....
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosforo Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031-0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales		Ausente			Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Nitratos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	5	10	10	10	0,07-0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6		1,6	.....	.....
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	.....	.....	.....	.....	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>2</sub> O indisociable)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000		2000	1000	≤30
Coliformes Totales	NMP/100mL	2000		3000	2000	

NOTA: Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar se dispone de análisis.

Dureza: Medir\* dureza\* del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada APHA-AWWA-WPCF2340C nitrito (NO)).

Amonio: como NH<sub>2</sub> no ionizado

NMP/100ml: Número más probable de 100mL.

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puede ser detectado como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes. Fuente: MINAM (2012).

**Tabla 13.** Número de muestras para el estudio bacteriológico de aguas.

<b>Muestra</b>	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>	<b>Total</b>
<b>Repeticiones</b>	2	2	4

<b>Zonas</b>	<b>Distancia</b>	<b>Pozo1</b>	<b>Pozo2</b>	<b>Pozo3</b>	<b>Pozo4</b>	<b>Pozo5</b>	<b>Total</b>
<b>San Isidro</b>	100 m	2	2	2	2	2	10
	200 m	2	2	2	2	2	10
<b>San Jacinto</b>	100 m	2	2	2	2	2	10
	200 m	2	2	2	2	2	10
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>40</b>

En la tabla 13, Muestra el estudio bacteriológico de las aguas del río Torococha, para lo cual se colectaron dos muestras (zona 1), correspondiente al barrio San Isidro y dos muestras (zona 2), correspondiente al barrio San Jacinto. Para el estudio bacteriológico de los pozos en el barrio San Isidro a distancia de 100 se colectaron muestras de cinco pozos realizando sus repeticiones al igual que la distancia de 200 m y en el barrio San Jacinto se procedió de la misma manera.

**Tabla 14.** Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Isidro.

<b>ZONA SAN ISIDRO</b>			
	<b>Coliformes totales</b>	<b>Coliformes fecales</b>	<b>Coliformes termotolerantes</b>
Inicio	11,000	1,600	140
Final	11,000	2,400	90

La tabla 14, muestra la cantidad de bacterias coliformes totales, fecales y termotolerantes encontradas en la (zona 1), correspondiente a muestra de agua del río Torococha (barrio San Isidro), durante la fase inicio fueron de 11,000 NMP/100 ml, 1,600 NMP/100 ml y 140 NMP/100 ml respectivamente y para la fase final los resultados fueron 11,000 NMP/100 ml, 2,400 NMP/100 ml y 90 NMP/100 ml.

**Tabla 15.** Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Jacinto.

<b>ZONA SAN JACINTO</b>			
	<b>Coliformes totales</b>	<b>Coliformes fecales</b>	<b>Coliformes termotolerantes</b>
Inicio	11,000	2,100	290
Final	11,000	4,600	110

La tabla 15, expresa la cantidad de bacterias coliformes totales, fecales y termotolerantes encontradas en la (zona 2), correspondiente a muestra de agua del río Torococha (barrio San Jacinto), durante la fase inicio fueron de 11,000 NMP/100 ml, 2,100 NMP/100 ml y 290 NMP/100 ml respectivamente y para la fase final los resultados fueron 11,000 NMP/100 ml, 4,600 NMP/100 ml y 110 NMP/100 ml.

**Tabla 16.** Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona1 barrio San Isidro, en pozos ubicados a 100 metros del río Torococha.

<b>ANÁLISIS DE AGUA DE POZOS A 100 m</b>						
<b>N° de Pozos</b>	<b>Coliformes Totales</b>		<b>Coliformes Fecales</b>		<b>Coliformes termotolerantes</b>	
	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>
01	200	2900	0	30	0	10
02	530	11000	0	11	30	0
03	11000	11000	230	430	10	10
04	160	11000	0	150	0	0
05	420	11000	0	90	0	0

La tabla 16, muestra los resultados obtenidos en la fase de inicio y final del estudio, correspondiente a la cantidad de coliformes totales, fecales y termotolerantes en cinco pozos ubicados a 100 m de distancia del río Torococha en el barrio San Isidro.

**Tabla 17.** Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Jacinto, en pozos ubicados a 100 metros del río Torococha.

ANÁLISIS DE AGUA DE POZOS A 100 m						
N° de Pozos	Coliformes Totales		Coliformes Fecales		Coliformes termotolerantes	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
01	190	11000	30	750	60	30
02	11000	530	11000	70	30	10
03	90	2100	60	90	0	0
04	11000	930	40	30	90	30
05	2100	350	70	40	70	30

La tabla 17, muestra los resultados obtenidos en la fase de inicio y final del estudio, correspondiente a la cantidad de coliformes totales, fecales y termotolerantes en cinco pozos ubicados a 100 m de distancia del río Torococha en el barrio San Jacinto.

**Tabla 18.** Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Isidro, en pozos ubicados a 200 metros del río Torococha.

ANÁLISIS DE AGUA DE POZOS A 200 m						
N° de Pozos	Coliformes Totales		Coliformes Fecales		Coliformes Termotolerantes	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
01	140	1500	30	0	30	0
02	11000	11000	0	230	0	0
03	160	290	60	0	0	0
04	270	11000	110	90	20	30
05	11000	530	640	40	30	10

La tabla 18, expone los resultados obtenidos en la fase de inicio y final del estudio, correspondiente a la cantidad de coliformes totales, fecales y termotolerantes en cinco pozos ubicados a 200 m de distancia del río Torococha en el barrio San Isidro.

**Tabla 19.** Resultados del análisis de coliformes totales, fecales y termotolerantes en las fases de inicio y final de la zona San Jacinto, en pozos ubicados a 200 metros del río Torococha.

N° de Pozos	ANÁLISIS DE AGUA DE POZOS A 200 m					
	Coliformes Totales		Coliformes Fecales		Coliformes termotolerantes	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
01	90	430	0	40	0	0
02	11000	11000	60	60	90	0
03	4600	1500	430	40	30	10
04	2100	750	90	0	0	30
05	750	280	0	40	30	30

La tabla 17, muestra los resultados obtenidos en la fase de inicio y final del estudio, correspondiente a la cantidad de coliformes totales, fecales y termotolerantes, en cinco pozos ubicados a 100 m de distancia del río Torococha en el barrio San Jacinto.

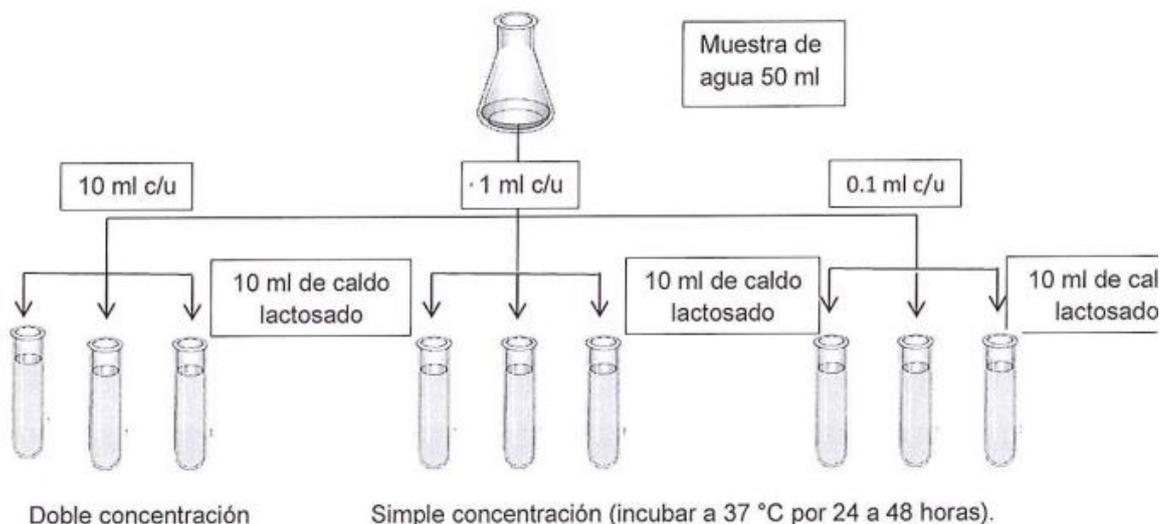
Tubos positivos			NMP	Tubos positivos			NMP
10 ml	1.0 ml	0.1 ml		10 ml	1.0 ml	0.1 ml	
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	20
0	0	3	9	2	0	3	26
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6	2	1	1	20
0	1	2	9	2	1	2	27
0	1	3	12	2	1	3	34
0	2	0	6	2	2	0	21
0	2	1	9	2	2	1	28
0	2	2	12	2	2	2	35
0	2	3	16	2	2	3	42
0	3	0	9	2	3	0	29
0	3	1	13	2	3	1	36
0	3	2	16	2	3	2	44
0	3	3	19	2	3	3	53
1	0	0	4	3	0	0	23
1	0	1	7	3	0	1	29
1	0	2	11	3	0	2	64
1	0	3	15	3	0	3	95
1	1	0	7	3	1	0	43
1	1	1	11	3	1	1	75
1	1	2	15	3	1	2	120
1	1	3	19	3	1	3	160
1	2	0	11	3	2	0	93
1	2	1	15	3	2	1	150
1	2	2	20	3	2	2	210
1	2	3	24	3	2	3	290
1	3	0	16	3	3	0	240
1	3	1	20	3	3	1	460
1	3	2	24	3	3	2	1100
1	3	3	29	3	3	3	1100 +
2	0	0	9				

Figura 5. Tabla del número más probable para coliformes según CEPIS (2012).

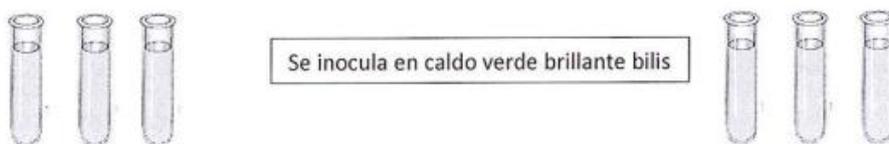
Fuente: Gonzales, 2012.

Flujograma del número más probable (NMP) para coliformes totales y fecales.

TEST PRESUNTIVO.



TEST CONFIRMATIVO.



TEST DE AISLAMIENTO.

De las muestras de gas positivo se inocularan en agar EMB.

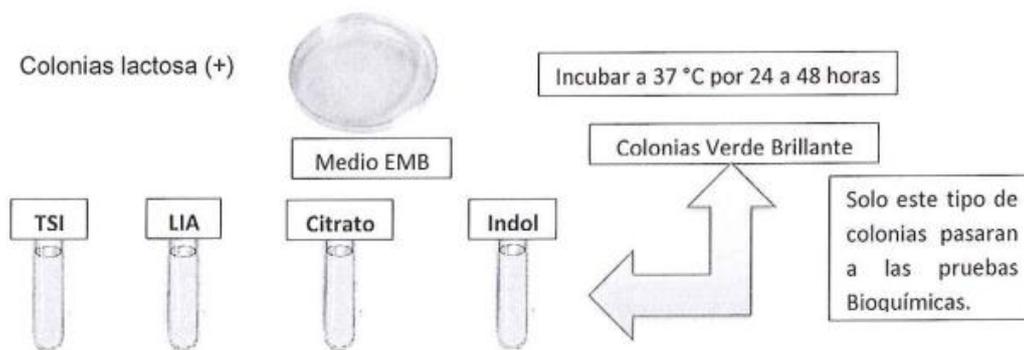


Figura 6. Diagrama de flujo para coliformes.



*Figura 7. Zona de muestreo 1, correspondiente al río Torococha en márgenes del barrio San Isidro (Marzo-Agosto, 2015).*



*Figura 8. Zona de muestreo 2, correspondiente al río Torococha en márgenes del barrio San Jacinto (Marzo-Agosto, 2015).*



**Figura 9.** Algunos de los pozos muestreados de los barrios San Isidro y San Jacinto (Marzo-Agosto, 2015)



**Figura 10.** Frasco de vidrio esterilizado, para la colecta de muestras. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



**Figura 11.** Muestras extraídas de los pozos. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



*Figura 12. Preparación de medio de cultivo (Caldo Lactosado), sometido al calor para homogenizado adecuado. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).*



*Figura 13. Tubos de ensayo con caldo lactosado estéril, preparados para ser inoculados con las muestras. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).*



*Figura 14. Tubos inoculados con las muestras de agua del río Torococha y Pozos de los barrios San Isidro y San Jacinto. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).*



*Figura 15. Incubación de las muestras a 37°C durante 24 horas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).*



**Figura 16.** Reacción positiva en caldo lactosado, nótese el viraje de coloración. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



**Figura 18.** Inoculación de las reacciones positivas, en caldo de bilis verde brillante. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



**Figura 17.** Reacción positiva en caldo lactosado, nótese el viraje de color, enturbiamiento del medio y presencia de gas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



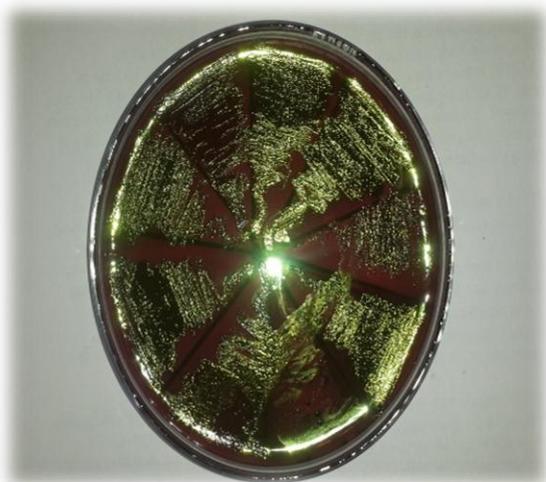
**Figura 19.** Incubación de las muestras a 42°C durante 24 horas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



**Figura 20.** Reacción positiva en Caldo de bilis verde brillante, Nótese el enturbiamiento del medio de cultivo y la presencia de gas. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



**Figura 21.** Inoculación de las reacciones positivas en caldo de bilis verde brillante, en agar EMB, muestra negativa. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



**Figura 22.** Reacción positiva en agar EMB, nótese la coloración verde dorada característica de la presencia de *Escherichia coli*. Laboratorio de Microbiología de los alimentos FCCBB UNA-PUNO (Marzo-Agosto 2015).



**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 el Sr. Bachiller **EDSON ALONSO AGUILAR APAZA**, egresado a de la Facultad de Ciencias Biológicas, Programa de Microbiología y Laboratorio Clínico, ha realizado el análisis Microbiológico, con responsabilidad, dedicación y destreza en los análisis microbiológicos de muestras de agua, durante los meses de abril a agosto del 2015. Como parte experimental de su Proyecto de tesis intitulado: **“CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL RIO TOROCOCHA Y SU INFLUENCIA EN LAS AGUAS DE POZO DE LOS BARRIOS SAN ISIDRO Y SAN JACINTO DE LA CIUDAD DE JULIACA”**

El trabajo experimental fue realizado bajo la supervisión de su directora de tesis y de la jefatura del Laboratorio.

Se expide el presente para los fines convenientes.

Puno, 27 de Junio del 2019



  
M.Sc. EVA LAURA CHAUCA  
Docente Principal D.E. FCCBB-UNA  
COLBIOP N° 905

**JEFE DE LABORATORIO**