

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



**CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA
DE POZOS CON FINES DE CONSUMO HUMANO EN EL
DISTRITO DE HUATA – PUNO, 2016.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. MARTHA CURO VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA
DE POZOS CON FINES DE CONSUMO HUMANO EN EL
DISTRITO DE HUATA – PUNO, 2016.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. MARTHA CURO VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

FECHA DE SUSTENTACION: 21 DE SETIEMBRE DE 2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE:


Blgo. HERMINIO RENÉ ALFARO TAPIA

PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. VICKY CRISTINA GONZALES ALCOS

SEGUNDO MIEMBRO:


Mg. MARÍA ISABEL VALLENAS GAONA

DIRECTOR / ASESOR:


Dr. JUAN JOSÉ PAURO ROQUE

**ÁREA : CIENCIAS BIOMEDICAS
LÍNEA: DIAGNÓSTICO Y EPIDEMIOLOGÍA
TEMA : MICROBIOLOGÍA DEL AGUA**

DEDICATORIA

... a Dios por guiarme por un camino verdadero y darme la fuerza necesaria para salir adelante.

Con mucho cariño e inmenso gratitud a mis padres Víctor y a mí querida madre Regina, quienes con sus sacrificios e invalorable labores hicieron posible que alcance de mis objetivos.

A mis hijos Deyvis Raúl y José Fernando, por ser fuente de inspiración y superación en la vida a seguir para adelante, el mejor ejemplo.

A German por creer en mí y servir de motivación para lograr mis metas. Gracias por tu apoyo moral en todo este tiempo.

A todos mis hermanos y familiares por su apoyo moral y sus palabras alentadoras en los peores momentos de mi vida, gracias a todos.

AGRADECIMIENTO

A la primera casa de estudios de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Y en especial a la Facultad de Ciencias Biológicas, por darnos la oportunidad de ser hoy profesionales, preparados para contribuir en la mejoría de nuestro país.

A la Empresa Municipal de Saneamiento Básico EMSA – Puno, por su valioso cooperación con el trabajo de investigación por facilitarme su laboratorio de control de calidad de agua para análisis de las muestras.

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

A mi director de tesis Dr. Juan José Pauro Roque por brindarme su apoyo, amistad y tiempo dedicado para guiarme en la redacción del presente trabajo de investigación.

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

A los distinguidos miembros del jurado al Blgo. Herminio René Alfaro Tapia, M.Sc. Vicky Cristina Gonzales Alcos y Mg. María Isabel Vallenas Gaona, por acceder amablemente formar parte del mismo.

A todas y cada uno de Uds, muchas gracias.

Mary

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Objetivos.....	16
1.2 Hipótesis	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Marco teórico.....	22
2.3 Marco conceptual.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 Descripción del ámbito de estudio.....	35
3.2 Diseño de investigación	35
3.3 Población y tamaño de muestra	36
3.4 Metodología.....	36
3.5 Diseño estadístico	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Cuantificación de coliformes totales y termotolerantes mediante UFC	44
4.2 Evaluación de los principales parámetros fisicoquímicos	50
V. CONCLUSIONES	78
VI. RECOMENDACIONES	79
VII. REFERENCIAS	80
ANEXOS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura antigénica de las enterobacterias25

Figura 2. Método de filtración de membrana para coliformes totales.....38

Figura 3. Método por filtración de membrana para coliformes termotolerantes.....38

Figura 4. Método de espectrofotometría41

Figura 5. Método por titulación.....42

Figura 6. Recuento de coliformes totales en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 201745

Figura 7. Comparación de coliformes totales en aguas de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 201745

Figura 8. Recuento de coliformes termotolerantes en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....48

Figura 9. Comparación de coliformes termotolerantes de agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes, en el distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 201748

Figura 10. Evaluación de potencial de hidrogeniones en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....51

Figura 11. Comparación de Potencial de hidrogeniones en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 201751

Figura 12. Evaluación de temperatura en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 201753

Figura 13. Comparación de temperatura en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes, en parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 201754

Figura 14. Evaluación de turbiedad en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 201756

Figura 15. Comparación de turbiedad en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en Parcialidades distrito del Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 201756

Figura 16. Evaluación de conductividad eléctrica en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluadas durante los meses de diciembre 2016 a febrero 201759

Figura 17. Comparación de conductividad eléctrica durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....59

Figura 18. Evaluación de solidos disueltos totales, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 201761

Figura 19. Comparación de solidos disueltos totales durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....62

Figura 20. Evaluación de dureza total, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....64

Figura 21. Comparación de dureza total durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 201764

Figura 22. Evaluación de alcalinidad, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....66

Figura 23. Comparación de alcalinidad durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 201767

Figura 24. Evaluación de sulfatos, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 201769

Figura 25. Comparación de sulfatos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017	69
Figura 26. Evaluación de cloruros en agua de pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017	71
Figura 27. Comparación de cloruros en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes del distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....	72
Figura 28. Evaluación de hierro en agua de pozos, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017	74
Figura 29. Comparación de hierro en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes, del distrito de Huata evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....	74
Figura 30. Evaluación de cobre en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017	76
Figura 31. Comparación de cobre en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes del distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.....	77
Figura 32. Puntos de muestreo del agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito Huata.....	87
Figura 33. Toma de muestra del agua de pozo en la parcialidad de Faón, diciembre del 2016.....	88
Figura 34. Toma de muestra del agua de pozo en la parcialidad de Collana II, febrero del 2017	88
Figura 35. Medición de parámetros físicos in situ del agua de pozo en parcialidad de Yasín en el distrito Huata, diciembre del 2016.....	89
Figura 36. Transporte de muestras del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades del distrito Huata.....	89
Figura 37. Procesamiento de coliformes totales y termotolerantes de las muestras de agua de pozos en el laboratorio de EMSA – Puno provenientes de las cuatro parcialidades de del distrito Huata, diciembre del 2016.....	90

Figura 38. Procesamiento de coliformes totales y termotolerantes de las muestras de agua de pozos en el laboratorio de EMSA – Puno provenientes de las cuatro parcialidades de del distrito Huata, febrero del 2017	90
Figura 39. Incubación de placas de coliformes totales a 35°C durante las 24 horas en el laboratorio de EMSA – Puno, provenientes de las cuatro parcialidades de del distrito Huata, diciembre del 2016	91
Figura 40. Incubación de placas de coliformes termotolerantes a 44.5°C durante las 24 horas en el laboratorio de EMSA – Puno, provenientes de las cuatro parcialidades de del distrito Huata, febrero del 2017	91
Figura 41. Resultados obtenidos en unidades formadoras de colonias de coliformes totales y termotolerantes, diciembre del 2016 y febrero del 2017.....	92
Figura 42. Recuento de coliformes totales y termotolerantes mediante el contómetro en el laboratorio de EMSA – Puno, febrero del 2017.....	92
Figura 43. Evaluación de parámetros químicos mediante el método de espectrofotometría (sulfato, hierro y cobre) en el laboratorio de EMSA – Puno	93
Figura 44. Evaluación de turbiedad (UNT), del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades de del distrito Huata, febrero del 2017	93
Figura 45. Evaluación de parámetros químicos mediante el método de titulación (dureza, alcalinidad y cloruros) en el laboratorio de EMSA – Puno provenientes de las cuatro parcialidades de del distrito Huata, diciembre del 2016.....	94
Figura 46. Resultado obtenido mediante el método de titulación en el laboratorio en el laboratorio de EMSA – Puno de la muestra de agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades de del distrito Huata, diciembre del 2016.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ejemplos de microorganismos de acuerdo con su pH óptimo	27
Tabla 2.	Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos	31
Tabla 3.	Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica	31
Tabla 4.	Coliformes totales (UFC/100ml) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	44
Tabla 5.	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	47
Tabla 6.	Potencial de hidrogeno (pH), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	50
Tabla 7.	Temperatura (°C) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	53
Tabla 8.	Turbiedad (UNT), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	55
Tabla 9.	Conductividad eléctrica (µS/cm) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	58
Tabla 10.	Sólidos totales disueltos, en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	61
Tabla 11.	Dureza total (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	63
Tabla 12.	Alcalinidad (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	65

Tabla 13. Sulfatos (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.....	68
Tabla 14. Cloruros (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.....	71
Tabla 15. Hierro (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	73
Tabla 16. Cobre mg/l, en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017	75
Tabla 17. Profundidad y coordenadas de 12 pozos del distrito de Huata	86

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AAA = Autoridad Administrativa del Agua XIV Titicaca

ANA = Autoridad Nacional del Agua

cm = Centímetros

Cl⁻ = Cloro

DIGESA = Dirección General de Saneamiento Ambiental

DBCA = Diseño aplicado de bloques completamente al azar

DS = Decreto supremo

EMSA = Empresa municipal de saneamiento básico

EPS = Empresa prestadora de servicios

H₂O = Agua

l = Litro

MINSA = Ministerio de salud

nm = Nanometros

ml = Mililitros

mg = Miligramos

OPS = Organización panamericana de salud

OMS = Organización mundial de salud

pH = Potencial de hidrogeniones

SA = Sociedad anónima

T = Temperatura

UFC = Unidad formadora de colonia

UNT = Unidad nefelometrica de turbiedad

μS = microsiemens

RESUMEN

La investigación se realizó en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, provincia de Puno. Durante los meses de diciembre 2016 – febrero 2017. Los objetivos fueron cuantificar la presencia de coliformes totales y termotolerantes mediante UFC y evaluar los principales parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total, alcalinidad, sulfatos, cloruros, hierro y cobre, en las muestras del agua de pozos con fines de consumo humano. Se analizaron muestras de agua procedentes de 12 pozos, considerando tres pozos por parcialidad, con dos repeticiones por pozo, utilizando métodos de la Norma Técnica Peruana (2001), y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS. 031-2010 DIGESA, realizados en el laboratorio de control de calidad de la EPS. EMSA – Puno. Los datos se procesaron utilizando el paquete estadístico infostat. El recuento de coliformes totales en promedio de un máximo de 360.0UFC/100ml en la parcialidad de Collana I a un mínimo de 82.3UFC/100ml en la parcialidad de Collana II, presentan diferencia significativa ($P=0.0190$), para coliformes termotolerantes fueron de promedios de un máximo de 3.3UFC/100ml en parcialidad de Collana II a un mínimo de 0.3UFC/100ml en la parcialidad de Yasín, según ANOVA ($P=0.5365$), por consiguiente exceden los límites máximos permisibles según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010 DIGESA y la evaluación de los principales parámetros fisicoquímicos fueron en promedio, pH en Yasín fue 7.8 pH y en Faón de 6.9 a 7.3 pH, ($P=0.2797$), temperatura fluctúan 16.7 - 16.5 °C en Yasín, 15.6 - 14.5 °C en Faón ($P=0.0557$), turbiedad fluctúa en 3.0 - 2.0 UNT en Collana I y de 1.7 - 1.6 UNT en Faón, ($P=0.3805$), conductividad eléctrica en Collana I, Faón y Yasín (2448.3, 2037.3, 1660.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente), exceden los LMP y Collana II de 1347.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ($P=0.5869$), sólidos totales disueltos fueron de 1224.0 a 1045.3 mg/l en Collana I, 673.3 a 635.3 mg/l en Collana II, ($P=0.5893$), dureza total 408.3 mg/l en Collana I y en Collana II 264.4 mg/l, ($P=0.8391$), alcalinidad fue de 408.3 mg/l en Collana I y 264.4 mg/l en Collana II, ($P=0.1476$), cloruros fueron de 168.1 mg/l en Faón y 91.6 mg/l en Yasín, ($P=0.5333$), todos los parámetros antes mencionados no presenta diferencia significativa según ANOVA ($P \leq 0.05$), mientras que sulfatos fueron de 132.7 mg/l en Collana I y 46.0 mg/l en Yasín, si presentan diferencia significativa entre parcialidades ($P=0.0067$), hierro fueron 1.2 mg/l y 0.9 mg/l en Collana I, presenta diferencia significativa durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas ($P=0.0224$), ANOVA ($P \leq 0.05$), cobre fue de 5.0 mg/l en Collana I y 2.2 mg/l en Faón, si presentaron diferencia significativa entre las parcialidades ($P=0.0345$), según ANOVA ($P \leq 0.05$). Se concluye que la calidad de agua de pozos para consumo humano en cuatro parcialidades del distrito de Huata, exceden los parámetros microbiológicas, donde existe un déficit en la calidad de agua, asociada a parámetros fisicoquímicos como la conductividad eléctrica, exceden en las parcialidades de Collana I, Faón e Yasín, sólidos totales disueltos, hierro y cobre en la parcialidad de Collana I, por lo que se predominan aguas subterráneas de mala calidad por ser mayores a los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA.

Palabras clave: Calidad bacteriológica, agua de pozo, coliformes totales, coliformes termotolerantes, contaminación bacteriana y fisicoquímica.

ABSTRACT

The research was carried out in the four bays of the district of Huata, province of Puno. During the months of December 2016 - February 2017, the objectives were to quantify the presence of total and thermotolerant coliforms by CFU and evaluate the main physicochemical parameters: pH, temperature, turbidity, electrical conductivity, total dissolved solids, total hardness, alkalinity, chlorides, iron and copper in well water samples for human consumption. Water samples from 12 wells were analyzed, considering three wells per bias, with two replicates per well, using methods from the Peruvian Technical Standard (2001), and the Regulation of water quality for human consumption DS. 031-2010 DIGESA, made in the quality control laboratory of EPS. EMSA - Puno. Data were processed using the infostat statistical package. The average total coliform count of a maximum of 360.0UFC / 100ml in the bias of Collana I to a minimum of 82.3UFC / 100ml in the bias of Collana II, present a significant difference ($P = 0.0190$), for thermotolerant coliforms were averages of a maximum of 3.3UFC / 100ml in Collana II bias to a minimum of 0.3UFC / 100ml in the Yasin bias, according to ANOVA ($P = 0.5365$), therefore exceeding the maximum permissible limits according to the Water Quality Regulation for human consumption DS 031-2010 DIGESA and the evaluation of the main physicochemical parameters were on average, pH in Yasin was 7.8 pH and in Faón of 6.9 to 7.3 pH, ($P = 0.2797$), temperature fluctuate 16.7 - 16.5 ° C in Yasin, 15.6 - 14.5 ($P = 0.0557$), turbidity fluctuates in 3.0 - 2.0 UNT in Collana I and 1.7 - 1.6 UNT in Faón, ($P = 0.3805$), electric conductivity in Collana I, Faón and Yasín (2448.3, 2037.3, 1660.7 ($P = 0.5869$), total solids dissolved were 1224.0 to 1045.3 mg / l in Collana I, 673.3 to 635.3 mg / l in Collana II, ($P = 0.5893$), total hardness 408.3 mg / l in Collana I and Collana II 264.4 mg / l, ($P = 0.8391$), alkalinity was 408.3 mg / l in Collana I and 264.4 mg / l in Collana II, = 0.1476), chlorides were 168.1 mg / l in Faón and 91.6 mg / l in Yasin, ($P = 0.5333$), all parameters mentioned above did not present significant difference according to ANOVA ($P \leq 0.05$), while sulfates were 132.7 mg / l in Collana I and 46.0 mg / l in Yasin, if they present significant difference between partialities ($P = 0.0067$), iron was 1.2 mg / l and 0.9 mg / l in Collana I, presents a significant difference during the period of precipitation with low rainfall ($P = 0.0224$), ANOVA ($P \leq 0.05$), copper was 5.0 mg / l in Collana I and 2.2 mg / l in Faun, if they presented a significant difference between the partialities ($P = 0.0345$), according to ANOVA ($P \leq 0.05$). It is concluded that the water quality of wells for human consumption in four parts of the district of Huata, exceed the microbiological parameters, where there is a deficit in water quality, associated with physicochemical parameters such as electrical conductivity, exceed in the bias of Collana I, Faón and Yasin, total dissolved solids, iron and copper in the bias of Collana I, which is why they predominate groundwater of poor quality for being greater than the maximum limits permissible according to the Regulation of the Quality of Water for Human Consumption DS N ° 031-2010 S.A. DIGESA.

Key words: Bacteriological quality, well water, total coliforms, thermotolerant coliforms, bacterial and physicochemical contamination.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la preocupación de toda sociedad es la disponibilidad y calidad del agua, ya que constituye un elemento esencial para la vida en el planeta. El agua ocupa tres cuartas partes de la superficie de la Tierra. Existen otros factores que baja la oferta de este recurso como: El aumento poblacional que demanda un incremento en el consumo del agua y genera diferentes fuentes contaminantes, que altera su calidad. Las aguas subterráneas que es otra fuente importante de agua, suelen ser más difíciles de contaminar que las aguas superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar, sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia media del agua en los ríos es de días, en un acuífero subterráneo es de cientos de años, lo que hace muy difícil su auto purificación, la situación se agrava por el reconocimiento tardío del deterioro del acuífero debido a que el problema puede tardar en hacerse evidente. El peligro más común con relación a la contaminación de las aguas subterráneas de consumo humano, es debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales.

A nivel mundial en los países Latinoamericanos, la existencia de agua microbiológicamente segura que constituyen un gran problema de salud pública, entendiéndose como, aquélla que se encuentra libre de todo microorganismo patógeno y de bacterias características de la contaminación fecal. El agua es un factor que puede convertirse en un vehículo para la adquisición de diversas enfermedades en el ser humano. Se describen más de 20 enfermedades en las que el agua actúa directa o indirectamente en su aparición, algunas de ellas con alto impacto en términos de morbilidad y mortalidad.

El Perú es un país, que en sus tres regiones geográficas (Costa, Sierra y Selva), tiene una carencia de servicio de agua potable, así la sierra que está ubicada en la cordillera de los andes donde hay gran número de cuerpos de agua conformado por ríos, quebradas, lagos y lagunas, se cuenta con muy poca agua que esté disponible para el consumo humano; razón por la cual, tanto en las zonas urbanas como rurales, las familias se ven en la necesidad de construir pozos que muchas veces no cuentan con los criterios técnicos sanitarios adecuados; ya que, en la generalidad de los casos se observa que estos pozos son construidos en las partes bajas por lo que son fácilmente

contaminados con desechos orgánicos que se encuentran en el suelo y que contienen no sólo microorganismos saprófitos, sino también patógenos intestinales procedentes de heces humanas y de animales.

En el presente trabajo de investigación se da a conocer el estado actual del agua de pozo, en la parcialidad de Collana I, parcialidad de Collana II, parcialidad de Faón, parcialidad de Yasín del distrito de Huata, para obtener datos y aplicar esta información en posteriores investigaciones y a la vez nos permite plantear decisiones técnicas correctivas, que permitan el aprovechamiento del agua de pozo en el ámbito de estudio, para la población del distrito de Huata, se evidenció la siguiente interrogante: ¿Cuál es la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata?, definidos por los siguientes objetivos:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Determinar la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, región Puno.

1.1.2 Objetivos Específicos

Cuantificar coliformes totales y coliformes termotolerantes mediante unidades formadoras de colonias (UFC), en muestras del agua de pozos con fines de consumo humano en cuatro parcialidades del distrito de Huata.

Evaluar los principales parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza total, alcalinidad, sulfatos, cloruros, hierro y cobre en muestras del agua de pozos con fines de consumo humano en cuatro parcialidades del distrito de Huata.

1.2 Hipótesis

La calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, no son aptas para el consumo humano, según el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA.

Ho= La calidad bacteriológica del agua de pozo en las cuatro parcialidades del distrito de Huata exceden a los límites máximos permisibles.

Ha= Los parámetros fisicoquímicos del agua de pozo en cuatro parcialidades del distrito de Huata no exceden los límites máximos permisibles.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

Ramírez *et al* (2009), realizaron estudios de calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec – México, para coliformes totales cuyos resultados registrados en 13 pozos todos presentaron contaminación, uno con 107UFC/100ml, tres con 12, 14 y 16UFC/100ml y el resto oscila entre 1 y 5 UFC/100ml y para coliformes fecales fueron de 107 UFC/100ml, dos con 10 y 16 UFC/100ml y el resto osciló entre 1 y 3 UFC/100ml. En relación a la variación temporal, se notó que la contaminación por coliformes totales y fecales más alta se presentó en los meses de abril y julio, por otro lado Robles *et al*, (2012). Reportaron en el estudio de Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – México, para coliformes totales fueron de 503, 773, 229, 2064UFC/100ml en los pozos P1, P3, P5, P9, y para coliformes fecales fueron de 0.295, 0.51, 0.626, 1,08UFC)/100ml en los pozos P6, P8, P2 y P7, respectivamente, así Hernández (2012), indica que los pozos en el departamento de Chiquimula (Guatemala), presentaron conteos en un rango de 4NMP/100ml hasta mayor 2400NMP/100ml, sugiere contaminación del manto freático con materia orgánica de origen fecal.

Quinteros y Herrera (2009), realizaron estudio de microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar, Cesar – Colombia, donde obtuvieron los siguientes resultados para coliformes totales; 440 UFC/100ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100ml en el segundo muestreo, 225 UFC/100ml en el tercer muestreo y 105 UFC/100ml en el cuarto muestreo y coliformes fecales en los acuíferos, ya que se detectó la presencia de estas bacterias en todos los pozos y en todos los meses en que se realizaron los muestreos; 346 UFC/100ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100ml en el segundo muestreo, 86 UFC/100ml en el tercer muestreo, y 33 UFC/100ml en el cuarto muestreo, mientras que Cava y Ramos (2016), caracterizó físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, para coliformes totales entre 30 - 50 UFC/100ml y coliformes termotolerantes entre 1 - 2 UFC/100ml, por lo que puede afectar la salud del consumidor.

Petro y Wees (2014), evaluaron algunos parámetros fisicoquímicos en el municipio de Tubarco – Colombia, obteniendo los siguientes resultados pH (7.08 – 7.55); turbiedad (0.13 – 1.79 UNT); conductividad (158.60 – 947.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$); alcalinidad total (55.20 – 302.40 mg/l); dureza total (66.60 – 225.80 mg/l); cloruros (8.75 – 67.98 mg/l); hierro (0.01 – 0.03 mg/l), según los resultados presentan altas concentraciones de dureza, conductividad y cloruros, evidencian que parte de la población está consumiendo agua que no es potable. Una parte de la población está haciendo uso de los pozos subterráneos presentes en el municipio por otra parte Robles *et al*, (2012). Reportaron en el estudio de Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo, pruebas fisicoquímicas obtuvo para turbiedad P1, P3, P5, P9, fueron 0.77, 0.17, 0.25 y 0.25 UNT, potencial de hidrogeniones 6.0, 6.4, 7.6, 7.2 pH; sólidos disueltos totales de 328.0, 352.0, 556.0 y 659.0 mg/l; dureza total de 172.0, 184.0, 319.0 y 354.0 mg/l; sulfatos de 56.0, 91.2, 211.0 y 326.0 mg/l; cloruros de 11.0, 13.2, 8.1 y 8.7 mg/l.

Cutimbo (2012), realizó la evaluación de los 46 pozos muestreados entre los meses de Abril y Junio del 2012 en los que presentaron un agua no apta para el consumo humano fueron: para bacterias de recuento de Bacterias Heterotróficas 2%, para Coliformes Totales 54% y para Coliformes Termotolerantes 11% y los resultados de los 46 pozos muestreados 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptos para el consumo humano; 25 (54%) no aptos para consumo humano la investigación fue realizada en Centros Poblados de Yarada y Los Palos del distrito de Tacna, mientras que Hurtado (2007), comparó la calidad bacteriológica del agua de pozos artesianos y rústicos con agua almacenada en las viviendas del Caserío Nina Rumi – Loreto, reportando que de los 4 pozos artesianos considerados en el estudio, 2 pozos artesianos resultaron no aptos para el consumo humano debido a la presencia de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y coliformes termotolerantes, mientras que para los 7 pozos rústicos encontró que todos estaban contaminados con las mencionadas bacterias, del mismo modo del agua almacenada en las viviendas.

Calsín (2016), realizó un estudio de calidad físico, química y bacteriológica de aguas subterránea de consumo humano en el sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca, temperatura fueron de 14.49 °C – 14.52°C; sólidos totales disueltos 785.03 – 509.82mg/l; conductividad eléctrica 1636.25 – 1082.18 $\mu\text{S}/\text{cm}$ turbiedad 2.15 –

3.09UNT; sulfatos 324.00 - 226.18mg/l ,cloruros 206.50 – 134.31mg/l; dureza total 628.91 – 438.91mg/l; coliformes totales 628.91 – 438.91 UFC/100ml; coliformes fecales 107.22- 27.79 UFC/ml, por otro lado Guevara (2000), determinó en pozos en la localidad de Pilcuyo, durante el periodo seco fue de 120.73 NMP/100ml coliformes totales de 10.32 NMP/100ml y coliformes termotolerantes de muestra, durante el periodo lluvioso fueron de 108.48 NMP/100ml y 10.75 NMP/100ml, por otra parte Soto (2013), comparó del agua de pozo en mercado Bellavista y Unión Dignidad en época de lluvia fue Coliformes totales, Coliformes termotolerantes (592, 112 NMP/100ml respectivamente), en época seca fue Coliformes totales, Coliformes termotolerantes (337.25, 9.75 NMP/100ml respectivamente), estos grados de contaminación que solo se debe usar para consumo humano previa potabilización según los Estándares de Calidad Ambiental.

Salazar (2015), realizó el estudio de la calidad fisicoquímico y bacteriológico del agua para consumo humano en la ciudad de Juliaca, determinó los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua fueron: el pH (7.31 y 7.78), la conductividad eléctrica (1024 y 1025 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la dureza total (185 y 310 mg/l), cloruros (0.7 y 1,6 mg/l), sulfatos (65 a 90 mg/l) y hierro (0.003 y 0.059 mg/l). Todos los valores estuvieron por debajo de los valores permitidos, excepto el contenido de solidos disueltos totales fue entre 499 y 594 mg/l, que sobrepasa los valores recomendados, así mismo Curasi (2010), evaluó la calidad de agua en 73 pozos subterráneas con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno, determinando los siguientes parámetros: potencial de hidrogeniones - pH (7.1 a 7.6) ligeramente alcalinas, temperatura - $^{\circ}\text{C}$ (13.4 a 16.4), conductividad eléctrica (0.95 a 7.18 mS/cm), dureza total (72.72 a 585.8 mg/l), alcalinidad (38.52 a 404.46 mg/l), cloruros (25.50 a 286.50 mg/l), sulfatos (16.0 a 218.00 mg/l), solidos totales (263.20 a 267.21 mg/l).

Autoridad Administrativa del Agua XIV – Titicaca., (2015). realizó el monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca Coata, en las comunidades de Pocsin, siendo un total de cinco pozos muestreados, los mismos que fueron evaluados con los ECAs CAT3 y CAT4, los pozos monitoreados son de importancia por la cercanía de la investigación se tomó dos puntos referenciales: PCoata 1 (Comunidad de Pocsin), los parámetros que sobrepasaron los ECA Son: ECA-CAT4, Conductividad eléctrica (CE: 3510 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Coliformes Termotolerantes (2 NMP/100ml), *Escherichia coli* (2 NMP/1 00ml),

Cloruros (Cl: 854 mg/L), También en el PCoata4 (Comunidad de Carata), los parámetros que sobrepasaron los ECA Son: ECA-CAT4, Coliformes Termotoleantes (2 NMP/100ml), *Escherichia coli* (2 NMP/100ml), según los estudios realizados por Apaza y Calcina (2014), reportaron en el estudio de contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, Puno obteniendo los siguientes resultados conductividad eléctrica de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a muy alto 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza de (60 a 660 mg/l – CaCO_3), predominando durante la investigación desde (301 a 660 mg/l – CaCO_3), hierro 0.1 (15 pozos) menor a 0.3 (2 pozos) mg/l, predominan aguas subterráneas de mala calidad.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 El agua

El agua es un recurso natural renovable indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible (ANA, 2012), es el más importante de todos los compuestos y uno de los principales constituyentes del mundo en que vivimos y de la materia viva, casi las tres cuartas partes de nuestra superficie terrestre está cubierta de agua, aproximadamente del 60 a 70% del organismo humano, pues casi siempre contiene sustancias minerales y orgánicas disueltas (Organización Mundial de la Salud – OMS, 2006), Sin embargo el exagerado aumento del consumo de agua comparado con el incremento de la población está provocando que su demanda sea un importante tema de seguridad nacional en muchos países (Figueroa, 2004), se conoce que es una sustancia química compuesta de dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno y que puede presentarse en cualquiera de los tres estados: liquido, gaseoso y solido (Sierra, 2011).

2.2.2 Aguas subterráneas

El agua que logra fluir a través del subsuelo en lo que se conoce como zona no saturada (agua subterránea), llega al manto freático y queda por encima de la zona saturada, es decir los espacios en donde todas las rocas y el suelo están llenas de agua, (Sánchez, 2005), lo define como parte de ciclo hidrológico que comprende el movimiento continuo de agua entra a la tierra y atmósfera por medio de evaporación y precipitación, el agua no se evapora directamente se filtra a través del subsuelo y pasa a formar acuíferos subterráneos, la calidad del agua puede ser afectada por los contaminantes que se introducen en la superficie de la tierra, puede filtrarse hacia la capa freática y fluir al punto de descarga (Leal, 1998). En los acuíferos el régimen de flujo es relativamente estable en términos de velocidad y dirección las velocidades promedio pueden variar entre 10^{-10} y 10^{-3} m/s y son gobernadas por la porosidad y la permeabilidad del estrato (Sierra, 2011).

En muchos casos el agua es de buena calidad, libre de sólidos en suspensión y excepto en limitadas áreas donde han sido afectadas durante el manejo del agua. Es importante mencionar que en los últimos años se ha detectado que algunos pozos pueden contener contaminación microbiológica que han logrado pasar los filtros naturales de roca, grava y arena la cual es proveniente de letrinas cercanas, tanques sépticos, pastoreo de ganado

o contaminación de sustancias orgánicas sintéticas de productos agroquímicos, los cuales ponen en peligro la salud del hombre y el medio ambiente en general (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

2.2.3 Pozos artesianos

Es un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área pequeña que puede aparecer en la tierra firme o ir a dar cursos de agua (Leal, 1998). Así como también define (Cuarasi, 2010), un pozo es un hoyo taladrado con una maquinaria o una excavación natural hecho por el hombre en el suelo que alcanza una fuente de agua o donde brota suficientemente como surtidor, son el resultado de la perforación o excavación como una vertiente o el acuífero confinado cuyo nivel freático es superior al nivel del suelo. Un pozo de agua para un pueblo entero se llama un pozo del pueblo, un pozo que solo da agua a una casa se llama un pozo privado.

2.2.4 Calidad de agua

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables físico-químicas o bacteriológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006), mientras por su complejidad de los factores que determinan la calidad de agua y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, es difícil dar una definición simple de “calidad de agua”. La calidad de un ambiente acuático se puede definir como: *i*) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos fisicoquímicos de sustancia orgánica e inorgánica, y *ii*) la composición y el estado de la biota acuático presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua (Sierra, 2011).

2.2.5 Aspectos bacteriológicos del agua

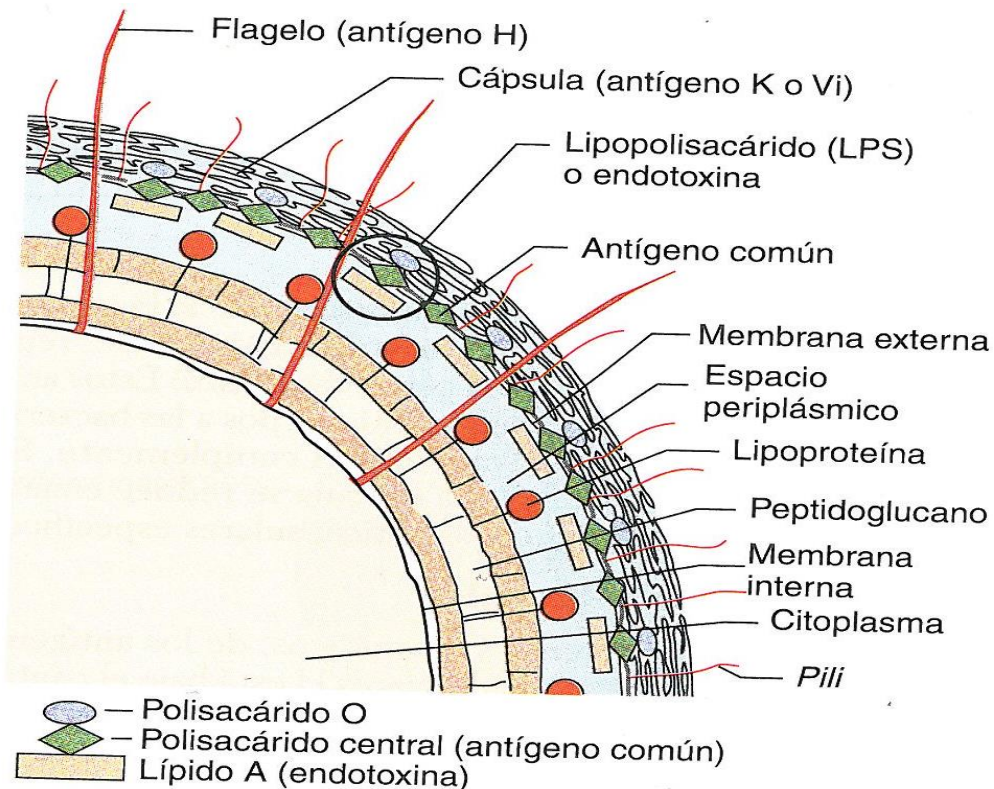
Las enterobacterias constituyen una familia grande y diversa de bacilos gran negativos, que pertenecen tanto a las formas de vida libre como a la flora normal de los seres humanos y animales. Unas cuantas están adaptadas estrictamente a los seres humanos. Las enterobacterias crecen con rapidez bajo las condiciones aerobias y anaerobias y tiene actividad metabólica (Ryan *et al*, 2011).

2.2.6 Grupo de los coliformes

Se define como un grupo de bacterias en forma de bacilo, pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*, Gram negativas aerobias y anaerobias, entre las principales características de este grupo está su resistencia a condiciones ambientales adversas. Adicionalmente los coliformes se pueden encontrar en el suelo viviendo como saprófitos independientes de esta manera para separar los géneros de origen fecal (González, 2012), menciona que son habitantes intestinales en el hombre y animales de sangre caliente, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. El grupo coliformes está formado por los siguientes géneros: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Hernández, 2012). Entre las enterobacterias existen numerosas especies que son patógenos para el hombre, animales y plantas, *Escherichia coli* es el organismo más conocido debido a la importancia médica de las enterobacterias (Madigan *et al*, 2012).

2.2.7 Estructura de la enterobacterias

La familia enterobacteriaceae tiene una estructura antigénica común, polisacárido (LPS), termoestable es el principal antígeno de la pared celular y está formado por tres componentes: El polisacárido O somático más externo, un polisacárido central compartido por todas las enterobacterias (antígeno común enterobacteriano) y el lípido A (Figura. 1). El núcleo polisacárido resulta importante para clasificar un microorganismo como miembro de las enterobacteriaceae el polisacárido O es importante para la clasificación epidemiológica de las cepas de una especie y el componente lípido A es responsable de la actividad de la endotoxina un importante factor de virulencia, (Murray *et al*, 2013).



Fuente: Murray *et al.*, (2013).

Figura 1: Estructura antigénica de las enterobacterias.

2.2.8 Parámetros microbiológicos de la calidad del agua

Coliformes totales

Son bacilos gram - negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no formadores de esporas, oxidasa-negativas, capaces de desarrollarse en presencia de sales biliares que fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a $35,0 \pm 0,5$ °C en 24-48 horas, en que pueden presentar actividad de la enzima β – galactosa. La mayoría de las bacterias del grupo coliforme pertenece a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, aunque varios otros géneros y especies pertenezcan al grupo. (Ministerio de Salud – Brasil, 2013). Microorganismos ubicuos, se encuentran de forma universal en el suelo, el agua y la vegetación, y son parte de la flora intestinal de muchos animales, incluido el hombre de tamaño intermedio (1.0 a 6.0 μ m), comparten un grupo antígeno común pueden ser inmóviles o móviles con flagelos peritricos, todos los miembros pueden crecer rápidamente de forma aerobia y anaerobia (Murray *et al.*, 2013).

Coliformes termotolerantes

Son bacterias que pueden encontrarse en el intestino humano y heces de animales, se consideran el principal indicador de contaminación fecal del agua de uso doméstico, industrial y otros. En general la presencia en una muestra de agua del género *Echerichia* indica una contaminación fecal que hace el agua no apta para el consumo humano cuando los coliformes se liberan al agua finalmente mueren pero no tan rápido como algunos patógenos durante la purificación del agua, teniendo en cuenta el principal representante (Madigan *et al*, 2012). *Escherichia coli* – bacteria del grupo coliforme que fermenta la lactosa y manitol, con producción de ácido y gas a 44.5 ± 0.2 °C en 24 horas, produce indo a partir del triptófano, oxidasa negativa, no hidroliza la urea y presenta actividad de las enzimas β galactosa y β glucuronidasa, que es considerado el más específico indicador de contaminación fecal reciente y de eventual presencia de organismos patogénicos (Ministerio de Salud – Brasil, 2013).

2.2.9 Parámetros de la calidad fisicoquímica del agua

Potencial de hidrógeno

Se define como el valor negativo del logaritmo decimal de la concentración de ión de hidrógeno (Frank, 2000), es el medio que ejerce un efecto directo sobre el crecimiento de los microorganismos tienen un pH óptimo definido, clasificándose así en acidófilas, si ejercen a pH bajos, y alcalófilos, si crecen a pH de 10 a 11 muy pocas especies de organismos pueden sobrevivir a pH inferiores a 2 o mayores de 10. La condición ácida de algunas bacterias es obligada, razón por el cual si se expone el organismo a pH neutros se destruye la membrana celular y la bacteria muere. Muchos hábitats acuáticos naturales poseen un pH de 5 a 9 lo cual indica que los organismos de pH óptimo cercano a este se encuentran en gran cantidad. Más adelante se muestran ejemplos de microorganismos de acuerdo con su pH óptimo tabla 1 (González, 2012), sus valores máximos y mínimos admisibles para el agua de potable están, entre 6.5 a 8.5 (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Tabla 1. Ejemplos de microorganismos de acuerdo con su pH óptimo

MICROORGANISMOS	PH ÓPTIMO
Cianobacterias	> 7
Hongos	2 – 5
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	7,8
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	6.6 – 7.0
<i>Escherichia coli</i>	6.0 – 7.0
<i>Staphylococcus aureus</i>	7.0 – 7.5
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	5.8 – 6.6
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	2.0 – 2.8
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	2.0 – 3.0

Fuente: Gonzáles (2012).

Temperatura

La temperatura es uno de los factores que más afectan el crecimiento y la viabilidad; los microorganismos pueden crecer desde temperaturas de 0 °C o menores hasta 100°C o más. Cuando la temperatura aumenta, las reacciones enzimáticas son más rápidas y el crecimiento es mayor. Sin embargo, esto depende de la tolerancia del microorganismo a la temperatura; de acuerdo con eso, si esta excede el límite, los componentes celulares se dañan. Un aumento en la temperatura puede desoxigenar un cuerpo de agua, es decir, que la solubilidad del oxígeno se afecta con dicho aumento. En los procesos biológicos, es indispensable controlar el efecto de la temperatura para asegurar que estos sean eficientes. La temperatura influye en el desarrollo de todas las actividades metabólicas y en la transferencia de oxígeno, (Gonzáles, 2012).

Turbiedad

Es una medida en la cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de sólidos coloidales, los cuales hacen que tenga una apariencia brumosa. Entre más turbia sea el agua, menor calidad tendrá, hará que sea poco atractiva a la vista y puede ser dañina, también. La turbiedad se mide en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) y para que sea apta para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU y estar idealmente por debajo de 1 NTU, Hernández (2012). Mientras su presencia disminuye la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringe los usos del agua, indica deterioro estético del cuerpo del agua, interfiere en la desinfección (Sierra, 2011).

Conductividad

La conductividad es la propiedad que presentan las soluciones para conducir el flujo de la corriente eléctrica y depende de la presencia de iones, su concentración y la temperatura de medición. La mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicas son mejores conductores de la electricidad, que las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas y por lo tanto conducen muy poco la corriente (Londoño *et al*, 2010). Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, capacidad depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de medición (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Sólidos disueltos totales

Son materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales, los sólidos pueden afectar negativamente en la calidad de agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos pueden ser inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor, por estas razones las aguas potables es deseable un límite de 500 mg/l de sólidos disueltos, (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Dureza

La dureza se define como suma de cationes polivalentes disueltos en agua. Los cationes más frecuentes son calcio y magnesio, aunque hierro, estroncio y manganeso pueden contribuir también la dureza se registra como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, las aguas suelen clasificar de acuerdo con el grado de dureza, su función es en primer lugar de la geología del área a la está asociada el agua superficial, las aguas se discurren sobre las calizas son propensas a ser duras porque la lluvia (naturalmente ácida debido a su contenido en dióxido de carbono) disuelve la roca y lleva los cationes disueltos al sistema acuático (Frank, 2000), cuando la dureza es numéricamente es igual o menor que la suma de alcalinidades de carbonato y bicarbonato toda la dureza es de carbonato estando ausente la de bicarbonato. La dureza oscila entre cero y cientos de miligramos por litro dependiendo de la fuente de tratamiento a que el agua haya sido sometida (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Alcalinidad Total

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final utilizado (APHA – AWWA – WPCF, 1992), los constituyentes químicos principalmente de la alcalinidad en las aguas naturales son bicarbonato, carbonato, e iones de hidroxilo y estos se originan a partir del dióxido de carbono de la atmósfera y como subproducto de la descomposición microbiana de la materia orgánica y los minerales en origen lítico (rocas y suelos) (Frank, 2000), es de fundamental importancia durante el proceso de tratamiento del agua, ya que es en función de su concentración que se establece la dosificación de los productos químicos utilizados. Cuando la alcalinidad es muy baja, hay la necesidad de que se provoque una alcalinidad artificial con aplicación de sustancias alcalinas, como la cal hidratada o barrilla para que se alcance ese objetivo. Cuando la alcalinidad es muy elevada, se hace al revés, acidificándose el agua hasta que se obtenga una concentración de alcalinidad suficiente para reaccionar con el sulfato de aluminio u otro producto utilizado (Ministerio de Salud – Brasil, 2013).

Sulfatos

Son componente natural de agua por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que pueden afectar su calidad, un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituales (OPS, 2005), es uno de los aniones que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas naturales. La concentración de sulfatos es de importante consideración debido que a menudo se presentan problemas con el tratamiento de aguas residuales, como el olor y corrosión de las alcantarillas, resultados de la reducción de los sulfatos a sulfitos de hidrógeno, bajo condiciones anaeróbicas. El ión sulfato tiende a precipitar en forma coloidal en un medio ácido acético con cloruro de bario, formando cristales de $BaSO_4$ de tamaño uniforme; esta tendencia se incrementa con la presencia de cloruros. La turbidez de la solución se mide en un espectrofotómetro a 420 nm (Londoño *et al.*, 2010).

Cloruros

Es uno de los aniones inorgánicos más abundantes en aguas naturales y de desecho. El contenido de cloruros normalmente se incrementa con el aumento de los minerales. En las montañas de tierras elevadas los abastecimientos de aguas son bajos en cloruros, las aguas de los ríos y de los abastecimientos subterráneos presentan concentraciones mayores. Los cloruros en una proporción razonable no son dañinos para la salud. Concentraciones por encima de 250 mg/L dan sabor salino al agua, haciéndola desagradable para el consumo humano. (Londoño *et al.* 2010), en concentraciones que pueden variar de pequeños trazos hasta centenas de mg/l. Están presentes en forma de cloruro de sodio, calcio y magnesio. Altas concentraciones de cloruros pueden restringir el uso del agua en razón del sabor que le confieren y por el efecto laxativo que pueden provocar diarreas (Ministerio de Salud – Brasil, 2013).

Hierro

El hierro raramente puede alcanzar de 1 mg/l. Algunas aguas subterráneas y drenajes superficiales ácidos pueden contener una cantidad de hierro bastante mayor. El hierro en el agua puede ocasionar manchas en la ropa de lavado y en la porcelana. Algunas personas son capaces de detectar el gusto astringente dulce – amargo a niveles por encima de 1 mg/l. En condiciones reductoras, el hierro existe en estado ferroso. En ausencia de iones que forman complejos, el hierro férrico no es significativamente soluble a menos que el pH sea muy bajo. Al exponerlo al aire o al añadir oxidantes, el hierro ferroso se oxida en estado férrico y puede hidrolizarse para formar óxido férrico hidratado insoluble (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Cobre

Las sales se utilizan en los sistemas de suministro de agua para control de crecimientos en depósitos y tuberías de distribución y para catalizar la oxidación de manganeso. La corrosión de las aleaciones que contienen cobre en accesorios de tuberías puede introducir cantidades medibles de cobre en el agua de un sistema de conducción. El cobre es esencial para los seres humanos, se calcula en 2.0 mg. La necesidad diaria de cobre para una persona adulta (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

2.2.10 Fuentes de abastecimiento de agua

Un pozo es un hoyo excavado con una máquina o una excavación manual hecho por el hombre en el suelo que alcanza una fuente o donde el agua brota superficialmente como un surtidor, son el resultado de la perforación o excavación como una vertiente o el acuífero confinado cuyo nivel freático es superior a nivel del suelo. Un pozo que da agua para un pueblo entero se llama un pozo del pueblo. Un pozo que solo da agua a una casa se llama un pozo privado (Curasi, 2010).

2.2.11 Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos.

Parámetros	Unidad de medida	Límite Máximo Permissible
Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS. N° 031-2010-SA, aprobado 24 de setiembre del 2010.

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica.

Parámetros	Unidad de medida	Límite Máximo Permissible
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad 25°C	µs/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1000
Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
Alcalinidad	mg/l	250-500
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS. N° 031-2010-SA, aprobado 24 de setiembre del 2010.

2.2.12 Salud pública y calidad del agua

El agua es con frecuencia una fuente potencial de enfermedades infecciosas y también de intoxicaciones químicas, por consiguiente, el factor individual más importante para asegurar la salud pública: los métodos que normalmente se emplea para determinar la calidad de agua depende de técnicas microbiológicas y químicas estandarizadas. Incluso cuando el agua parece totalmente limpia y transparente puede estar contaminada con microorganismos patógenos y constituir un serio problema para la salud. No resulta práctico analizar el agua para cada organismo patógeno que pueda estar presente en un determinado abastecimiento de agua, la presencia de unos cuantos microorganismos no patógenos en lo general tolerable, e incluso inevitable. Sin embargo, los suministros de agua deben ser analizados en cuanto a la presencia de microorganismos indicadores específicos cuya existencia señala una posible contaminación, Madigan *et al* (2012).

2.3 Marco Conceptual

Agua. Compuesto formado por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O) cuya fórmula química es H₂O (Sierra, 2011)

Aceptable. Calificativo que aprueba las características de una muestra de agua para consumo humano (Ministerio de Salud, 2011)

Agua potable. Agua apta para el consumo humano que no representa riesgos significativos para la salud o rechazo del consumidor, durante toda su vida (NTP, 2001).

Agua superficial. Fuente donde se encuentra fluyendo constantemente como los ríos o en reposo como los lagos, lagunas y manantiales (Sierra, 2011).

Agua Subterránea. Es el agua que se desplaza por acción de la gravedad en el interior del suelo y ocupa el espacio poroso de las rocas que constituye la corteza terrestre (Sierra, 2011).

Agua para consumo humano. Agua destinado al consumo directo, preparación de alimentos, higiene personal y cualquier otro uso doméstico habitual de los seres humanos (Ministerio de Salud, 2011).

Calidad de agua. Son aquellas características físicas químicas y bacteriológicas por medio de las cuales se puede determinar si el agua es adecuada o no para el uso al que se le destina (OMS, 2006).

Calidad bacteriológica del agua. Conjunto de propiedades y características que constituyen a la protección de la salud de la población contra riesgos de origen bacteriano en el agua para el uso y consumo humano mediante el proceso de desinfección (OMS, 2006).

Coliformes totales. Se define como todos los bacilos anaerobios facultativos. Gram negativos no formadoras de esporas que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas dentro de 48 horas de incubación a 35±0,2°C (Madigan, 2012).

Coliformes termotolerantes. Son bacterias del grupo coliforme que fermentan la lactosa a 44,5 ± 0,2 °C en 24 horas; teniendo por principal representante la *Escherichia coli*, de origen exclusivamente fecal (Ministerio de Salud – Brasil, 2013).

Conductividad. Es una expresión numérica de la capacidad de una muestra de agua, para conducir la corriente eléctrica. Este número depende de la concentración total de sustancias ionizadas disueltas en el agua a la temperatura que se realiza la medición (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Dureza. Características del agua que representa la concentración total de los iones de calcio y magnesio expresados como carbono de calcio (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Grupo coliforme. Son todas las bacterias en forma de bacilo, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos no esporulados que fermentan la lactosa (Gonzales, 2012).

Límite Máximo Permisible (LMP). Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (Ministerio de Salud, 2011).

Sólidos disueltos. Los sólidos disueltos son una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como superficial. Para las aguas potables se fijan un valor máximo deseable de 500ppm. Este dato por sí solo no es suficiente para catalogar la bondad del agua (Londoño *et al*, 2010).

Unidades formadoras de colonia (UFC). Es el número mínimo de células separables sobre la superficie o dentro de un medio de agar semisólido que da lugar al desarrollo de una colonia visible del orden de decenas de millones de células (Gonzales, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del Ámbito de Estudio

El presente estudio se realizó en cuatro parcialidades del distrito de Huata, ubicado en el altiplano Peruano a una altura de 3820 msnm a orillas del Lago Titicaca de la provincia Puno, el estudio de investigación comprende las Parcialidad de Collana I, Parcialidad Collana II, Parcialidad Faón, Parcialidad Yasín, con una extensión total de 24 Km².

3.1.1 Ubicación Política

Región : Puno
Provincia : Puno
Distrito : Huata
Localidad : Parcialidad de Collana I, parcialidad de Collana II, parcialidad de Faón, parcialidad de Yasín)

3.1.2 Ubicación Geográfica del distrito de Huata

Geográficamente está ubicado en las siguientes coordenadas.

Latitud Sur : 15°36'50"
Longitud Oeste : 69°58'25"
Altitud : 3820msnm.

3.1.3 Límites

El ámbito de estudio posee los siguientes límites:

Por el Norte : Distrito de Coata de la provincia de Puno.
Por el Sur : Distrito de Paucarcolla de la provincia de Puno
Por el Este : Lago Titicaca
Por el Oeste : Distrito de Caracoto de la provincia de San Román

3.2 Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es tipo descriptivo.

3.3 Población y tamaño de muestra

Se recolectaron las muestras de agua en pozos en la parcialidad de Collana I, parcialidad de Collana II, parcialidad de Faón y parcialidad de Yasín del distrito Huata, se obtuvo durante los meses de diciembre del 2016 con lluvias escasas (en promedio 73.4mm) a enero y febrero del 2017 con lluvias abundantes (en promedio 253.0mm), según reporte de precipitación total mensual de SENAMHI (2017). Se analizaron 12 muestras durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y 12 muestras durante las lluvias abundantes, teniendo en cuenta 3 pozos por parcialidad que hacen un total de 24 muestras para el análisis bacteriológico y fisicoquímico. Las muestras del agua de pozos se procesaron en el laboratorio de control de calidad de agua de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico EMSA – Puno.

3.4 Metodología

3.4.1 Trabajo de Campo

Toma de muestra del agua de pozos para el análisis bacteriológico y análisis fisicoquímico

La recolección de las muestras se realizó según la Norma Técnica Peruana (NTP) – ISO 5667-3, la cual se detalla a continuación:

Se esterilizó 12 frascos de boca ancha para la toma de muestra.

En la fuente de agua se colocó en el cuello del frasco una cuerda estéril se procedió a retirar la envoltura y tapa, luego se sumergió en forma vertical posteriormente se procedió a recoger el frasco sumergido con el líquido en su interior para ser cerrada y etiquetada.

Cada muestra es etiquetada con la siguiente información: número de muestra, fecha, hora de la toma de muestra, nombre de la provincia, distrito, nombre y referencia del lugar de la toma de muestra; finalmente el nombre de la recolector.

Finalmente se trasladó hacia el laboratorio las muestras del agua en un cooler bajo previa refrigeración la cual permitió mantener la temperatura del agua pozos para análisis bacteriológica y fisicoquímica.

3.4.2. Trabajo de Laboratorio

a. Cuantificación de la carga bacteriana de coliformes totales y termotolerantes

Fundamento del método de filtro de membrana. Consiste en hacer pasar una muestra de agua través de un filtro de membrana celulosa que contiene un poro de 0.45 micras, con el fin de que los microorganismos queden retenidos sobre este y facilitar su recuento, la más utilizada es 0.45 μ , debido a que la mayoría de las bacterias tienen un diámetro superior. La membrana se pone luego sobre el medio de cultivo específico para cada microorganismo, se encuba a la temperatura y tiempo necesario y se procede al conteo directo de las colonias sobre la superficie de la membrana, en caso de coliformes, su presencia se evidencia por el color de colonias. (Gonzales, 2012).

Procedimiento:

Al inicio se preparó placas descartables estériles debidamente rotuladas, en donde se colocó almohadillas absorbentes, sobre ello se agregó 2ml de medios de cultivo m-FC Broth Ampules para coliformes termotolerantes, y 2ml de M-Colibblue Ampules HACH para coliformes totales.

Se esterilizó el equipo de filtración con un mechero Bunsen, y luego se usó una pinza estéril y se colocó el filtro de membrana estéril sobre la base del sistema de filtración, fijándolo con una pinza.

Seguidamente se vertió 100ml de agua en el embudo, y se procedió a filtrar con ayuda del equipo generador al vacío, se retiró el embudo y el filtro de membrana con una pinza estéril y se colocó en la placa.

Posteriormente se invirtió la placa y se llevó a incubar en una incubadora a temperatura de 35,0 °C para coliformes totales y en baño maría a temperatura de 44,5 °C para coliformes termotolerantes durante las 24 horas.

Finalmente se contó las colonias de color rojo para coliformes totales en UFC/100ml y de color azul para coliformes termotolerantes en UFC/100ml.

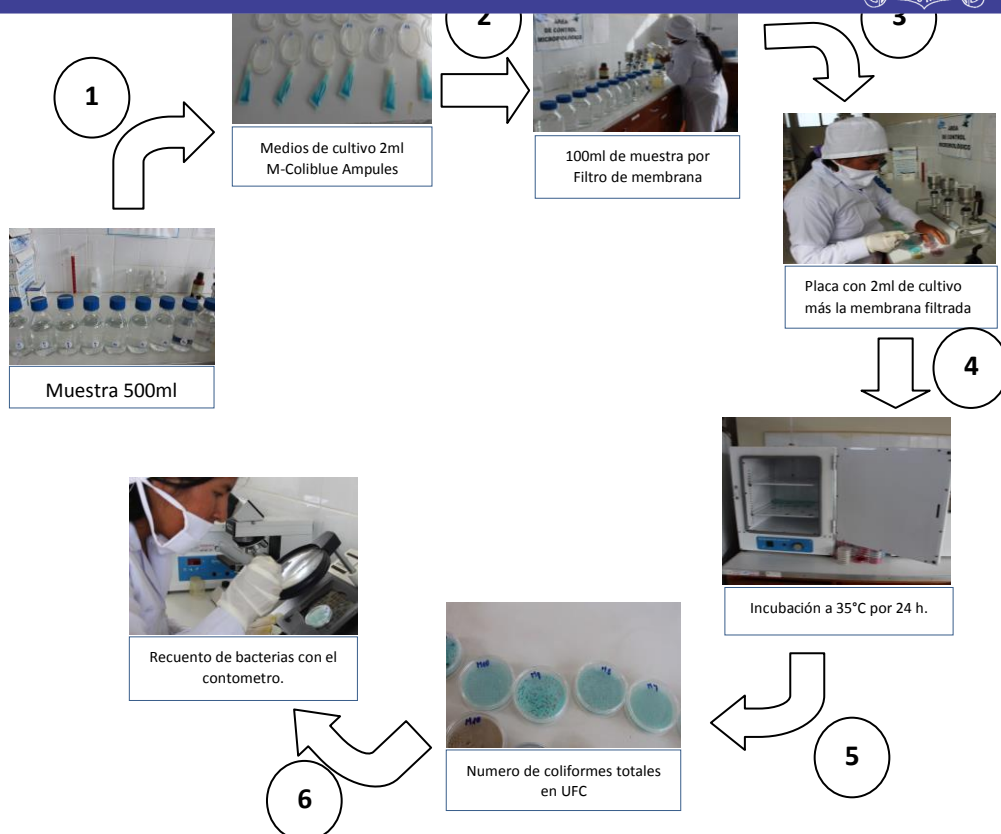


Figura 2. Método de filtración de membrana para coliformes totales

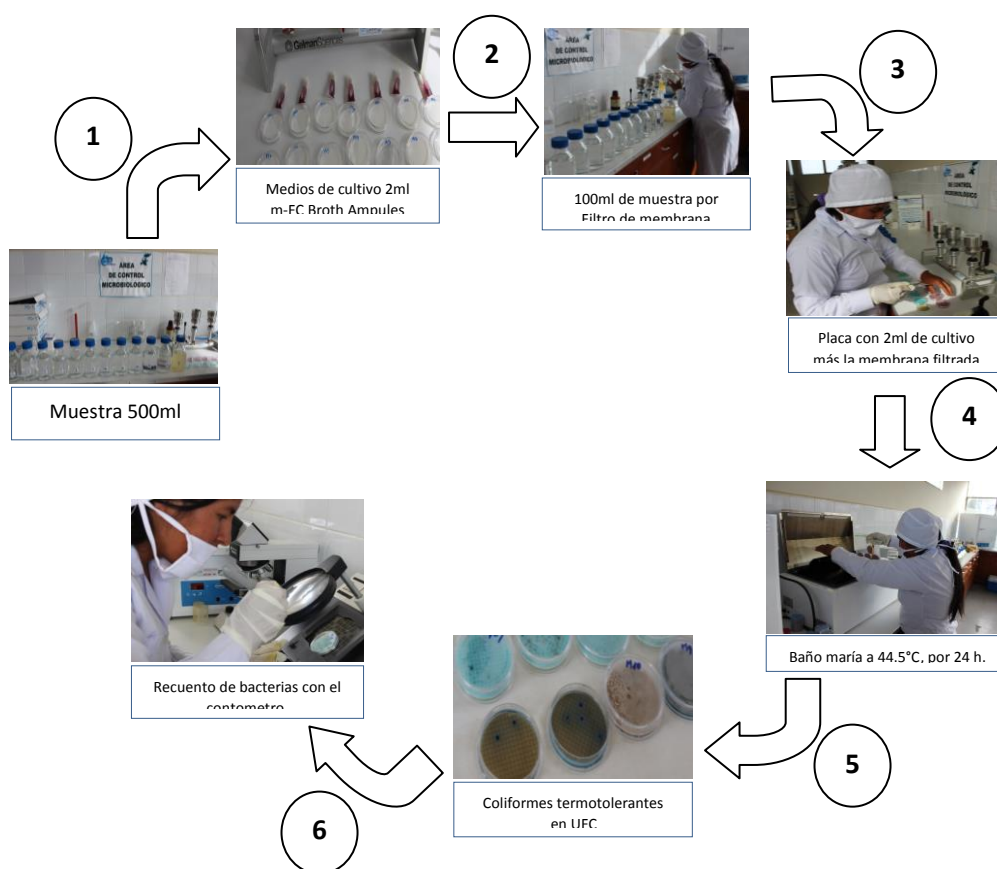


Figura 3. Método por filtración de membrana para coliformes termotolerantes

b. Principales parámetros fisicoquímicos**Potencial de hidrogeniones (pH)****Procedimiento:**

Se colocó 20ml de muestra de agua en un vaso precipitado, seguidamente se introdujo el electrodo del potenciómetro y posteriormente se observó el resultado en la pantalla del equipo.

Temperatura**Procedimiento:**

La medición de temperatura se realizó *in situ* para ello se vertió 50ml de muestra de agua en un vaso precipitado, luego se sumergió directamente sobre el cuerpo de agua el termómetro durante cinco minutos hasta que se equilibre su temperatura con la del agua, finalmente se anotó el resultado.

Turbiedad**Procedimiento:**

Se vertió 25ml de la muestra de agua en una celda y luego se colocó al turbidímetro. Finalmente para la lectura se espera 2 minutos hasta que se estabilice el valor obtenido en el turbidímetro y se anotó el resultado.

Conductividad eléctrica**Procedimiento**

Se vertió 30mL de la muestra de agua en una probeta, seguidamente se introdujo el electrodo del conductímetro, luego se anotó la lectura.

Sólidos disueltos totales**Procedimiento**

Se enjuagó varias veces con agua destilada el electrodo del equipo, seguidamente se secó con una tela y luego se introdujo el electrodo de conductímetro a la muestra de agua.

Finalmente se presionó la tecla mode, el resultado se observó en la pantalla y se anotó.

Para los análisis de sulfato, hierro, y cobre se utilizó la espectrofotometría

La espectrofotometría se basa en la capacidad que tienen las moléculas de absorber o emitir selectivamente ondas electromagnéticas de una longitud de onda específica, o mejor dicho, en un rango limitado del espectro de radiación electromagnética. El principio básico de la espectrofotometría es que las propiedades de absorción de energía de las moléculas pueden ser usadas para medir la concentración de éstas en solución. Para la mayoría de las aplicaciones de laboratorio se utilizan longitudes de onda en el rango ultravioleta (200-400 nm), visible (400-700 nm) o el rojo cercano (700-800 nm), (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Sulfato

Procedimiento:

Se utilizó el espectrofotómetro ingresando al programa de almacenamiento para sulfato, seguidamente se vertió 10 ml de la muestra de agua en una celda después se añadió un sobre de reactivo en polvo de sulfato, posteriormente se homogenizó durante 5 minutos y finalmente se llevó al equipo para la lectura del resultado en mg/l.

Hierro

Procedimiento:

Se utilizó el espectrofotómetro ingresando al programa de almacenamiento para hierro.

Se vertió 10ml de la muestra agua en una celda, seguidamente se añadió un sobre de reactivo en polvo iron phenantholine, después se homogenizó durante 2 minutos, finalmente se procedió la lectura del resultado en mg/l.

Cobre

Procedimiento:

Se utilizó el espectrofotómetro ingresando al programa de almacenamiento para cobre, seguidamente se vertió 10ml de la muestra de agua en una celda, posteriormente se añadió un sobre de reactivo en polvo cuver, se agitó suavemente durante 2 minutos, finalmente se procedió la lectura del resultado en mg/l.



Figura 4. Método de espectrofotometría

Para analizar la dureza, alcalinidad, y cloruros se realizó mediante al titulación

La titulación es un procedimiento utilizado en química con el fin de determinar la molaridad de un ácido o una base. Una reacción química se establece entre un volumen conocido de una solución de concentración desconocida y un volumen conocido de una solución con una concentración conocida. (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

Dureza

Procedimiento:

Al inicio se vertió 25ml de la muestra de agua en una probeta, y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250ml de capacidad, seguidamente se añadió 1ml de solución Buffer, posteriormente se agregó 2 mg de indicador negro eriocromo T.

Finalmente se procedió la titulación con solución EDTA, agitando suavemente hasta que vire de color rojo a azul, y se anotó el resultado.

Alcalinidad

Procedimiento:

Al inicio se vertió 25ml de la muestra de agua en una probeta, y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250ml de capacidad, seguidamente se agregó tres gotas de indicador heliantina.

Posteriormente se procedió la titulación con solución ácido sulfúrico, agitando suavemente hasta que vire de color amarillo a naranja. Finalmente se anotó el resultado.

Cloruros

Procedimiento:

Se tomó 25ml de la muestra de agua en una probeta, y se vertió en un matraz, seguidamente se añadió 0.5ml de indicador cromato de potasio.

Posteriormente se procedió la titulación con nitrato de plata, agitando suavemente hasta que vire de color amarillo a rojo pajizo.

Finalmente se anotó el resultado.



Figura 5. Método por titulación.

3.5 Diseño Estadístico

El diseño aplicado fue de bloques completamente al azar (DBCA), en el cual se toma a los lugares de muestreo como tratamientos, teniendo en total cuatro tratamientos: parcialidad de Collana I, parcialidad Collana II, parcialidad Faón, parcialidad Yasín, con tres repeticiones por tratamiento cada uno que serán considerados a la vez tres pozos por parcialidad; así mismo se consideró a los meses de muestreo como bloques, teniendo dos bloques para cada tratamiento: lluvias escasas y lluvias abundantes.

El modelo estadístico es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}; \quad i=1,2,\dots,t \text{ (t=tratamientos)}$$

$$j = 1,2,\dots,r \text{ (r=bloques)}$$

Dónde:

X_{ij} : Variable de respuesta observada en la unidad experimental ubicada en el j -ésimo bloque que recibe el tratamiento "i".

μ : Constante para toda observación, es la media de la población.

τ_i : Es el efecto del tratamiento «i», el cual es igual a $(\mu_i - \mu)$, es decir, a la diferencia entre el promedio poblacional del tratamiento y la media poblacional.

β_j : Es el efecto del bloque «j», el cual es igual a $(\mu_j - \mu)$, es decir a la diferencia entre el promedio poblacional del bloque y la media poblacional.

ε_{ij} : Término que representa el error de su respectiva Y_{ij} se considera variable aleatoria distribuida en forma normal e independiente con media cero y variancia constante.

La cuantificación de coliformes totales y coliformes termotolerantes fueron expresadas en medida aritmética y dispersión.

Los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza total, alcalinidad, sulfatos, cloruros, hierro y cobre fueron expresadas en media aritmética y dispersión.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cuantificación de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes en las muestras del agua de pozos con fines de consumo humano en las cuatro parcialidades del distrito de Huata.

a) Coliformes Totales.

El recuento de coliformes totales en 12 muestras de agua de pozos procedentes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata fluctúan entre promedio de un máximo de 360.0 - 347.3 UFC/100ml en la parcialidad de Collana I a un mínimo de 128.0 - 82.3 UFC/100ml en la parcialidad de Collana II, durante las precipitaciones con lluvias escasas se confirma mayor concentración de bacterias de coliformes totales las que fueron de 262.6 UFC/100ml y menor concentración con lluvias abundantes en promedio fueron de 172.6 UFC/100ml, todos exceden los límites máximos permisibles por lo tanto el agua de pozo es de mala calidad para el consumo humano, desde el punto de vista microbiológico según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100ml).

Tabla 4. Coliformes totales (UFC/100ml) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	360.0	347.3			
COLLANA II	3	128.0	82.3			
FAÓN	3	331.0	198.7	262.6	172.6	0
YASÍN	3	231.3	62.0			
TOTAL	12					

El recuento de coliformes totales presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=4.29$; $gl=3$; $P=0.0190$), más no entre precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes ($F=2.54$; $gl=1$; $P=0.1284$), siendo mayor en la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Collana II (Figura 6), así como también fue mayor en el periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 7).

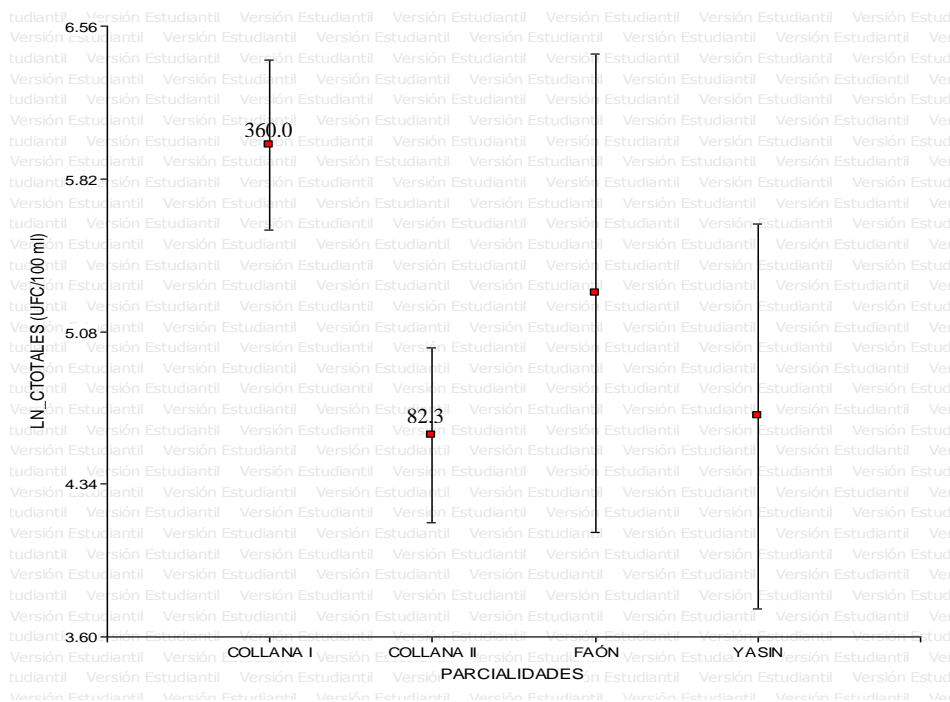


Figura 6. Recuento de coliformes totales en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

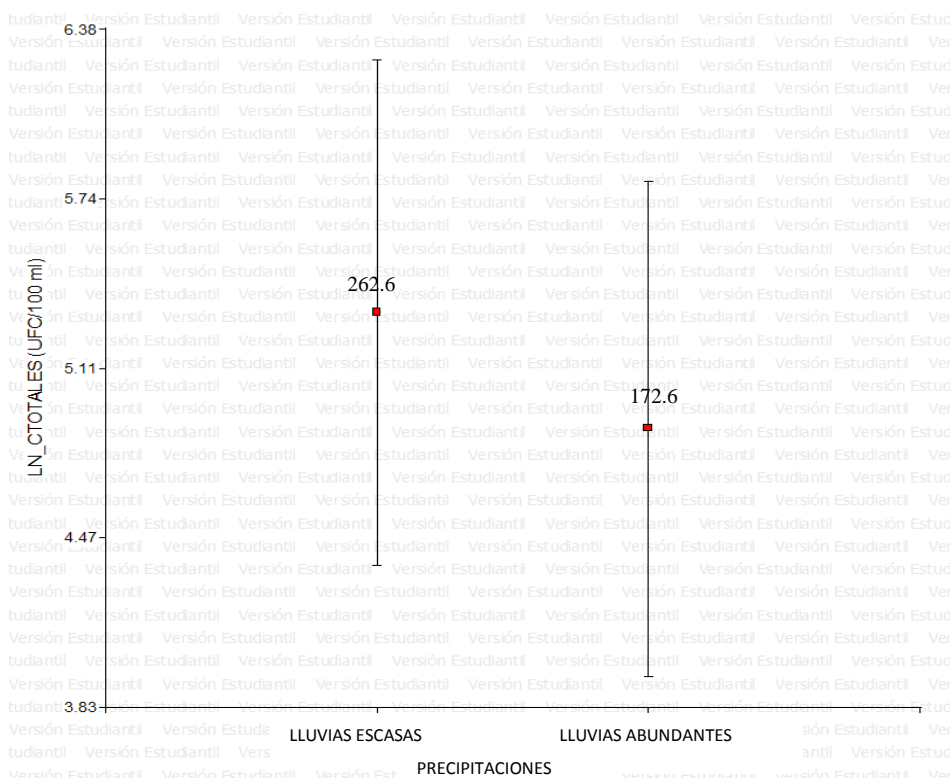


Figura 7. Comparación de coliformes totales en aguas de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata evaluadas entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron inferiores a los obtenidos por Quinteros y Herrera (2009), quienes reportaron para coliformes totales; 440 UFC/100ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100ml en el segundo muestreo en aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar provincia de Cesar, Colombia por otro lado Robles *et al* (2013), registraron en su estudio de Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos, México, donde las pruebas bacteriológicas mostraron concentraciones de coliformes totales en los pozos P1, P3, P5, P9, fueron de 503, 773, 229, 2064 UFC/100ml, mientras que Calsín (2016), realizó un estudio de calidad físico, química y bacteriológica de aguas subterránea de consumo humano en el sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca valores que fluctúan en promedio para pozos artesanales de 628.91 UFC/100ml y para pozos tubulares de 438.91 UFC/100ml de coliformes totales.

Los resultados obtenidos fueron superiores a los estudios realizados por Cava y Ramos (2016), quienes reportaron coliformes totales entre 30 - 50 UFC/100ml, en agua para consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora – Lambayeque, así como también Ramírez *et al* (2009), quienes realizaron estudios de calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México, determinó coliformes totales utilizando la técnica de filtro de membrana cuyos resultados obtenidos de los 13 pozos todos presentaron contaminación, aunque uno de ellos con 107 UFC/100ml, tres pozos con 12, 14 y 16 UFC/100ml y el resto oscila entre 1 y 5 UFC/100ml, los estudios similares reportados por Guevara (2000), quien determinó en 11 pozos, durante el periodo seco con 120.73 NMP/100ml y durante el periodo lluvioso registro valores en promedio de 108.48 NMP/100ml de coliformes totales en ciudad de Pílcuyo.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de coliformes totales indican que el agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes es de mala calidad para consumo humano por ser mayores a los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (0 UFC/100ml).

b) Coliformes Termotolerantes

El recuento de coliformes termotolerantes en las muestras del agua de pozos para consumo humano en las cuatro parcialidades del distrito de Huata fueron de promedios

de un máximo de 3.3 – 1.7 UFC/100ml en parcialidad de Collana II y a un mínimo de 1.3 – 0.3 UFC/100ml en la parcialidad de Yasín, durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas se confirma mayor concentración de coliformes termotolerantes en promedio fueron de 2.2 UFC/100ml y menor concentración en lluvias abundantes fueron de 0.8 UFC/100ml, por lo tanto el agua de pozos no reúne la calidad bacteriológica requerida, según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100ml).

Tabla 5. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	2.7	0.3			
COLLANA II	3	3.3	1.7	2.2	0.8	0
FAÓN	3	1.3	0.7			
YASÍN	3	1.3	0.3			
TOTAL	12					

El recuento de coliformes termotolerantes no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=0.75$; $gl=3$; $P=0.5365$), de igual manera también durante las precipitaciones ($F=3.42$; $gl=1$; $P=0.0799$), existe presencia de coliformes termotolerantes según el análisis de laboratorio siendo mayor concentración de coliformes termotolerantes en parcialidad de Collana II y menor en la parcialidad de Yasín (Figura 8), así como también es mayor en periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 9).

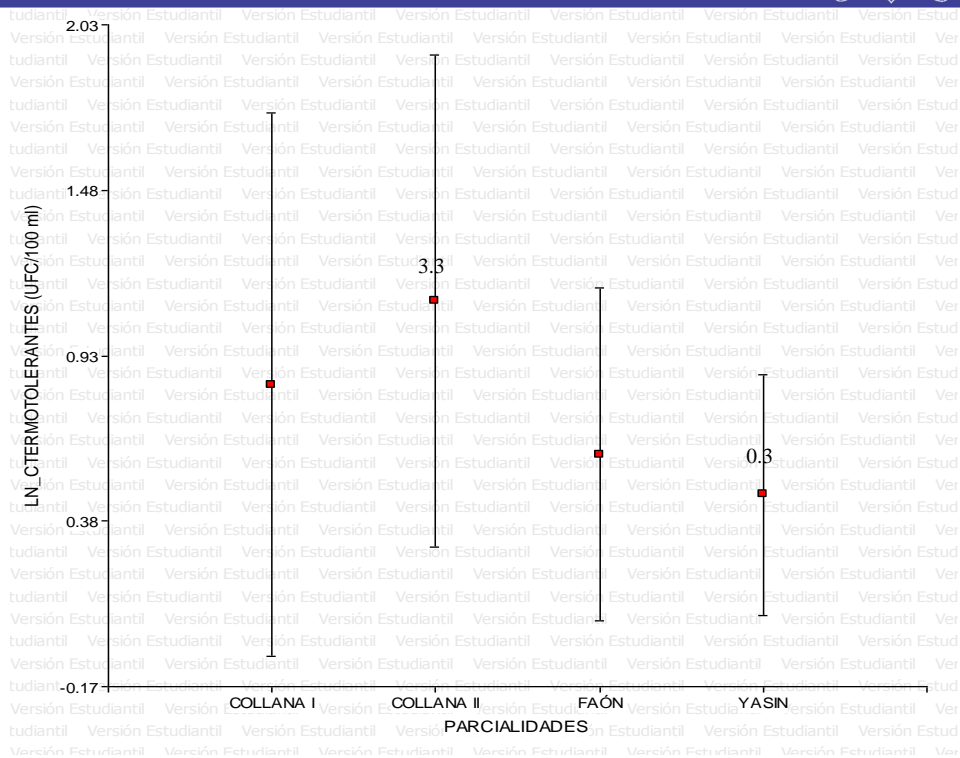


Figura 8. Recuento de coliformes termotolerantes en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

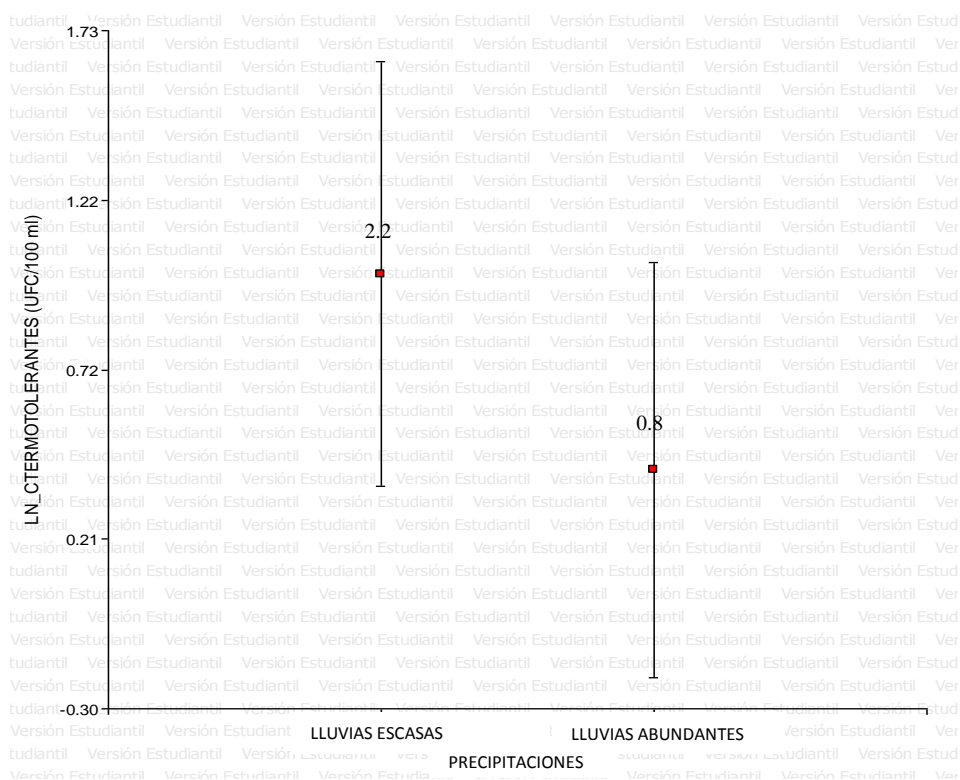


Figura 9. Comparación de coliformes termotolerantes del agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes, en el distrito de Huata, evaluadas durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron inferiores a los resultados obtenidos por Quinteros y Herrera (2009), quienes reportaron en su estudio de Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar provincia de Cesar – Colombia, para coliformes fecales en los acuíferos, ya que se detectó la presencia de estas bacterias en todos los pozos y en todos los meses en que se realizaron los muestreos; 346 UFC/100ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100ml en el segundo muestreo, 86 UFC/100ml en el tercer muestreo, y 33 UFC/100ml en el cuarto muestreo, así como también Calsín (2016), realizó un estudio de calidad físico, química y bacteriológica de aguas subterránea de consumo humano en el sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca, fueron en promedio de 107.22 UFC/100ml en pozos artesanales y 27.79 UFC/100ml en pozos tubulares para coliformes fecales.

La investigación es similar a Cava y Ramos (2016), quienes caracterizaron físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, obteniendo resultados que fueron de 1 - 2UFC/100ml de coliformes termotolerantes, por lo que puede afectar la salud del consumidor, así como también Robles *et al*, (2013) quienes realizaron el estudio de Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos, México, donde las pruebas bacteriológicas mostraron concentraciones de coliformes fecales en los pozos P6, P8, P2 y P7, fueron de 0.3, 0.5, 0.6, 1,08 UFC/100ml respectivamente, así también estudios similares por Ayala *et al* (2010), reportó para coliformes fecales en promedio de 1.3 UFC/100ml a 3.6 UFC/100ml, en tres pozos de la zona centro del acuífero Cuautla – Yautepec, México.

Los valores obtenidos en el presente trabajo de investigación, son debidos a la presencia de la cercanía de pozo, hatos, bebederos de animales, letrinas por lo que el agua puede convertirse en un potencial riesgo de contraer enfermedades diarreicas si no lo realizan el proceso de desinfección por parte de la población que consume el agua. Por lo tanto la presencia de coliformes termotolerantes en el agua indica contaminación fecal hace que el agua no es apta para el consumo humano.

4.2 Evaluación de los principales parámetros fisicoquímicos en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata

a) Potencial de Hidrogeniones (pH)

Los resultados obtenidos de potencial de hidrogeniones en las muestras del agua de pozos, provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, fluctúan en promedios de un máximo de 7.8 pH en la parcialidad de Yasín a un mínimo de 6.9 pH en la parcialidad de Faón, es ligeramente mayor en lluvias abundantes cuyo promedio fue de 7.5 pH y menor durante las lluvias escasas el promedio fue de 7.3 pH, según los resultados obtenidos en promedios de pH del agua de pozos entre parcialidades y durante las precipitaciones, están dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (6.5 a 8.5 pH).

Tabla 6. Potencial de hidrogeno (pH), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	7.1	7.4			
COLLANA II	3	7.4	7.4			
FAÓN	3	6.9	7.3	7.3	7.5	6.5 a 8.5
YASÍN	3	7.8	7.8			
TOTAL	12					

La evaluación de potencial de hidrogeniones, no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=1.38$; $gl=3$; $P=0.2797$), de igual manera también durante el periodo de precipitaciones ($F=1.21$; $gl=1$; $P=0.2853$), sin embargo se considera ligeramente mayor en la parcialidad de Yasín y menor en la parcialidad de Faón (Figura 10), así como también fue ligeramente mayor en lluvias abundantes (Figura 11).

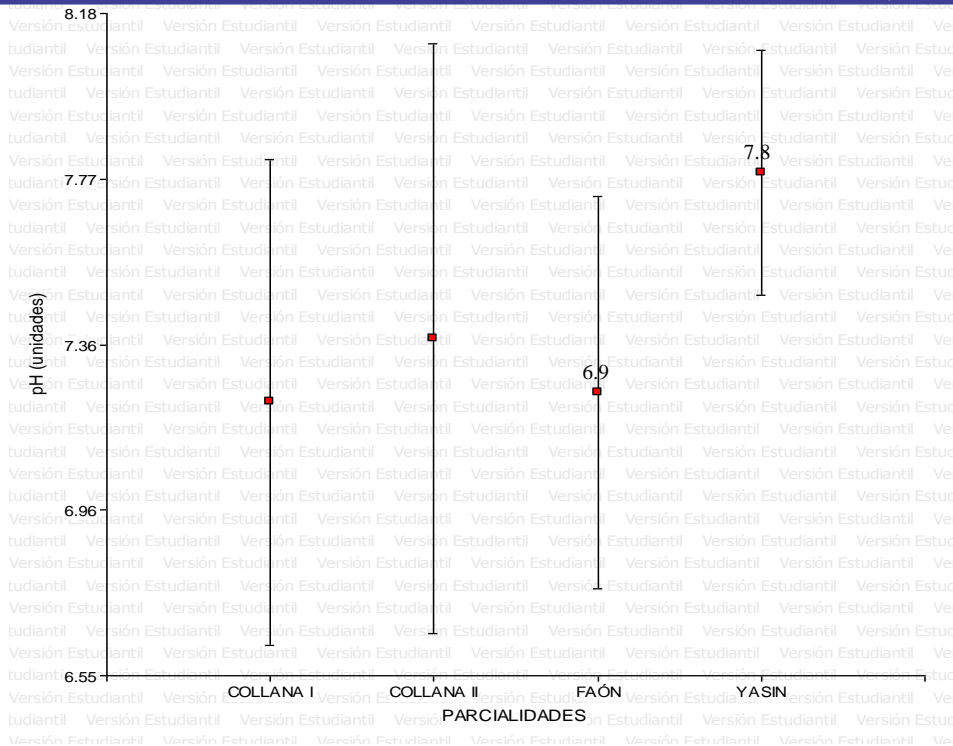


Figura 10. Evaluación de pH en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

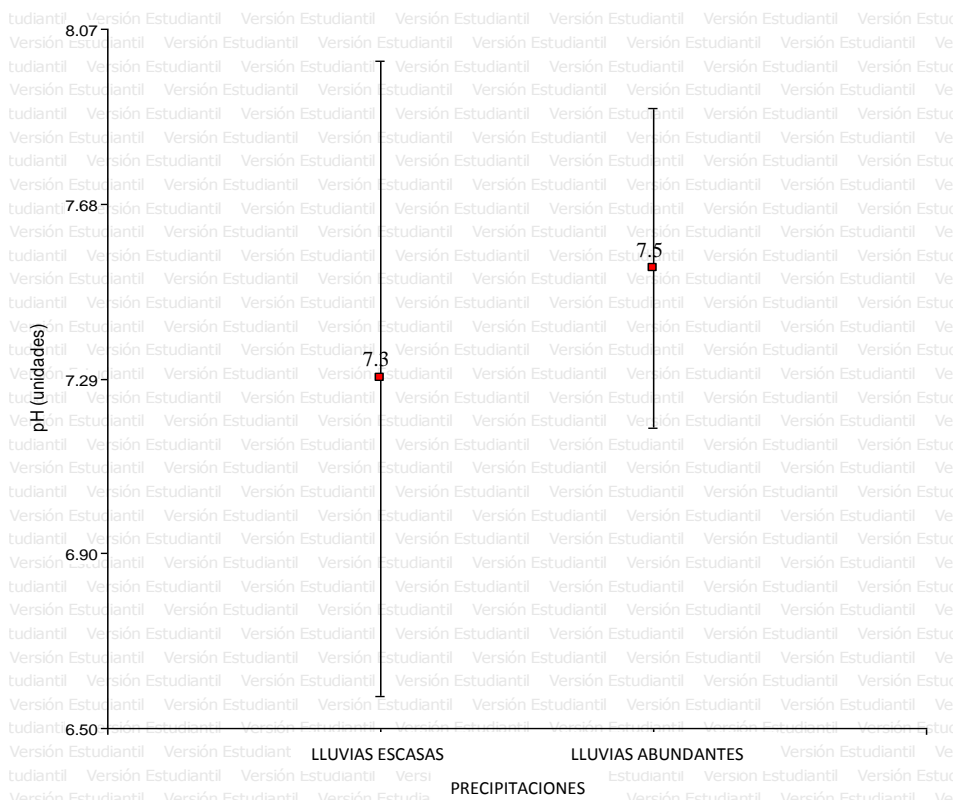


Figura 11. Comparación de pH en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron mayor o igual a los obtenidos por Curasi (2010), quien evaluó la calidad de agua en 73 pozos subterráneos con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno, determinando el potencial de hidrogeniones (pH) valores que fluctúan entre 7.1 a 7.6 que representa aguas ligeramente alcalinas.

El pH presenta una tendencia a pasar de un pH básico a un pH ácido conforme aumentan las lluvias, este efecto se presenta más marcado en las muestras de aguas obtenidas de los pozos, los contaminantes antropogénicos juegan un rol importante en la contaminación del manto acuífero por procesos de difusión por la contaminación presente tal como reporta Orosco *et al* (2008), por otra parte Mossel *et al* (2006). En general, los microorganismos son más resistentes al calor y a la irradiación a niveles de pH próximos a la neutralidad, la mayoría de las bacterias funcionan con mayor eficacia en los medios neutros y por ello tienen mayor capacidad para reparar los daños y recuperarse en condiciones de pH neutro.

De acuerdo a los valores obtenidos del análisis de potencial de hidrogeniones que el agua de pozos con fines de consumo humana en las cuatro parcialidades del distrito de Huata está dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (6.5 a 8.5 pH).

b) Temperatura

Los resultados obtenidos de temperatura en las muestras del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, fueron en promedio en rango de un máximo de 16.7 - 16.5 °C en la parcialidad Yasín a un mínimo de 15.6 - 14.5 °C en la parcialidad de Faón, mientras que en lluvias escasas es mayor siendo en un promedio de 16.5 °C y en lluvias abundantes fue de 15.4 °C, la temperatura es un parámetro importante que influye en el crecimiento de microorganismos.

Tabla 7. Temperatura (°C) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	16.7	14.7			
COLLANA II	3	16.9	16.0			
FAÓN	3	15.6	14.5	16.5	15.4	16.5
YASÍN	3	16.7	16.5			
TOTAL	12					

La temperatura no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=3.01$; $gl=3$; $P=0.0557$), pero si presentó diferencia significativa durante el periodo de precipitaciones ($F=6.20$; $gl=1$; $P=0.0222$); sin embargo, se considera temperatura mayor en la parcialidad de Yasín y menor en la parcialidad de Faón (Figura 12), así como también la temperatura es mayor durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 13).

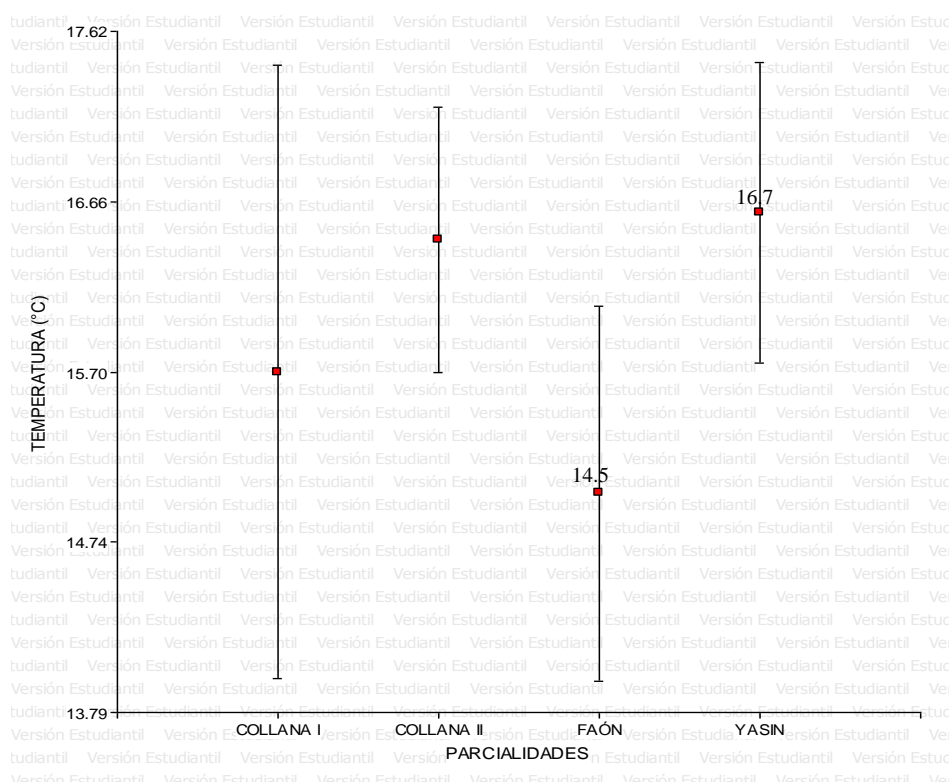


Figura 12. Evaluación de temperatura en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

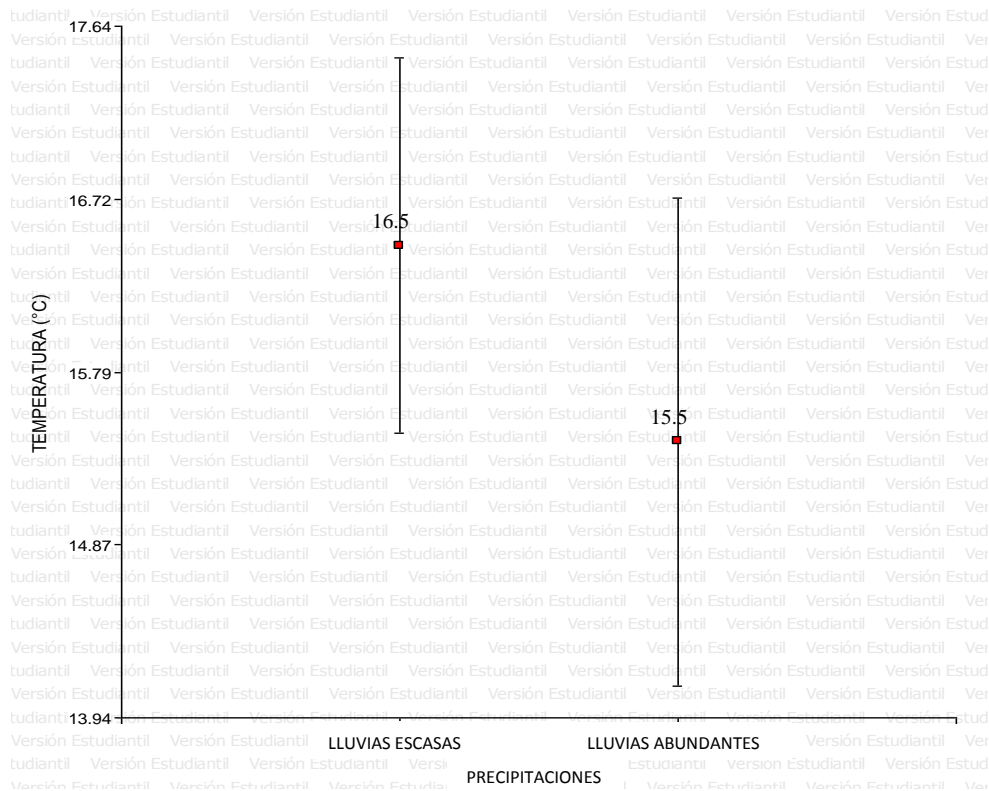


Figura 13. Comparación de temperatura en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes, en parcialidades del distrito de Huata, evaluadas entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados de esta investigación fueron similares a los obtenidos por Curasi (2010), quien evaluó la calidad agua en 73 pozos subterráneos con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno, determinando la temperatura valores que fluctúan entre 13.4 a 16.4 °C, mientras que Calsín (2016), quien realizó el estudio de calidad físico, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca, la temperatura fueron de 14.49 a 14.52°C, también menciona Belizario (2011), quien evaluó la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad de Carata del distrito de Coata, la temperatura fluctúa de un mínimo de 13.0 °C a máximo de 14.0 °C

La temperatura promedio del agua de pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata están dentro de los valores ambientales de temperatura para los meses en estudio (diciembre 2016 a febrero 2017) que varía de 3.7 a 16.2 °C (SENAMHI, 2017) respecto a este parámetro Orozco *et al* (2008) mencionan que la temperatura de un acuífero desde 10 hasta 100m de profundidad es cercana a la temperatura ambiental promedio de

una región y puede resultar en un factor que favorezca a diferentes procesos tanto químicos como biológicos.

c) Turbiedad

La concentración de turbiedad de las muestras del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades de distrito de Huata fluctúan entre los valores de un máximo de 3.0 - 2.0 UNT en la parcialidad de Collana I a un mínimo de 1.7 - 1.6 UNT en la parcialidad de Faón, mientras que en las precipitaciones con lluvias escasas es ligeramente elevada fueron de 2.3 UNT y con lluvias abundantes fueron de 1.9 UNT, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (5 UNT).

Tabla 8. Turbiedad (UNT), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	3.0	2.0			
COLLANA II	3	2.0	1.5			
FAÓN	3	1.7	1.6	2.3	1.9	5
YASÍN	3	2.6	2.3			
TOTAL	12					

La turbiedad no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=1.08$; $gl=3$; $P=0.3805$), de igual manera también durante el periodo de precipitaciones ($F=0.54$; $gl=1$; $P=0.4715$), sin embargo se considera el mayor turbiedad en la parcialidad de Collana I y menor turbiedad en la parcialidad de Faón (Figura 14), así como también fue mayor durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 15).

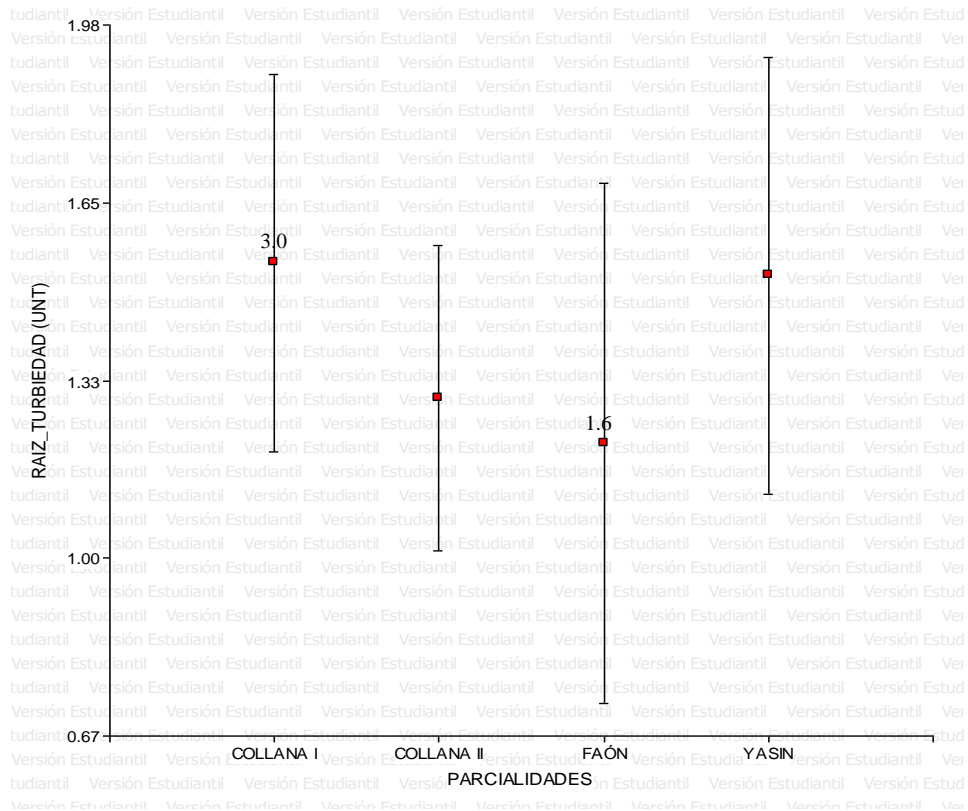


Figura 14. Evaluación de turbiedad en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

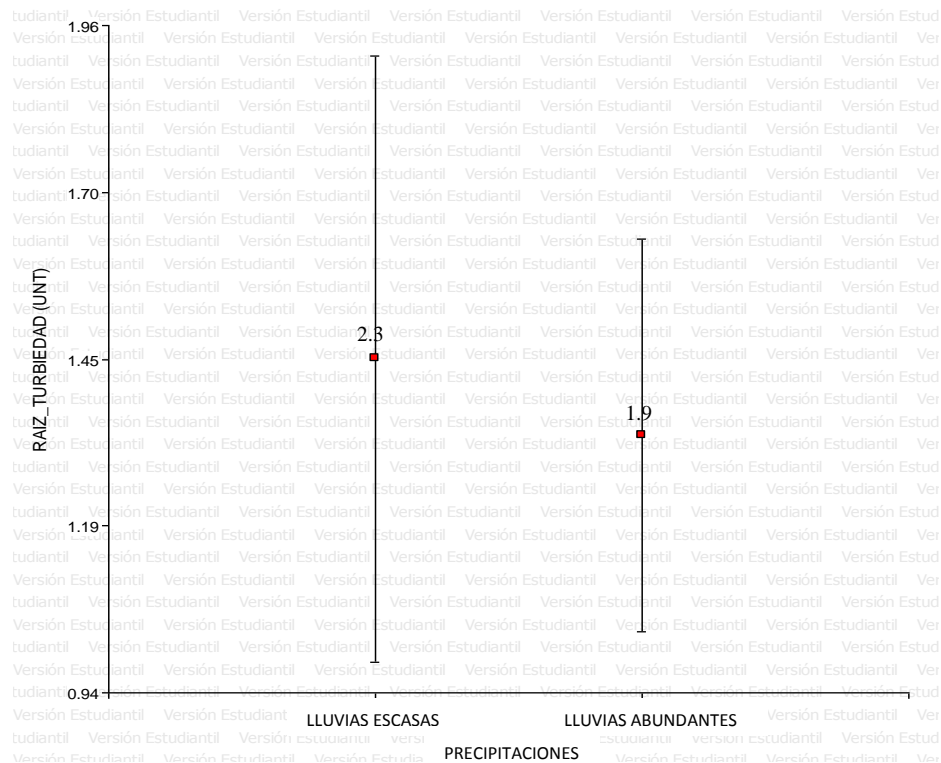


Figura 15. Comparación de turbiedad en agua de pozos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito del Huata, evaluada entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron superiores a los obtenidos por Pérez *et al* (2003), quienes reportaron valores de la turbiedad de aguas subterráneas que fluctúan entre 0.24 – 0.72 UNT, en la localidad de Zimapán – México, por otra parte Robles *et al* (2013), en el estudio de la calidad bacteriológica del agua de acuífero de Tepalcingo – México donde reporta de 0.14 – 0.77 UNT, también caracterizó Cava y Ramos (2016), según los resultados obtenidos de 10 pozos muestreados fueron 0.51 a 0.72 UNT y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que la turbiedad en el agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora está dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud, elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental, Febrero 2011.

Los resultados de esta investigación fue inferior a los estudios realizados por la OPS (2005), de mejoramiento de la calidad del agua de pozos en las zonas rurales de Puno, encontró inusualmente valores altos en aguas subterráneas entre 16 y 300 UNT, el valor más alto de turbiedad se encontró en el pozo 69 con 308 UNT Algunos pozos daban una alta turbiedad inicial sin embargo, después de bombear unos 20 o 40 litros la turbiedad se reducía aunque se mantenía por encima de la norma.

Hernández (2012), Entre más turbia sea el agua, menor calidad tendrá, hará que sea poco atractiva a la vista y puede ser dañina. La turbiedad se mide en UNT y para que sea apta para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UNT y estar idealmente por debajo de 1 UNT.

Los promedios de la turbiedad en las aguas de pozos en las cuatro parcialidades del distrito Huata están dentro de los límites máximos permisibles por lo tanto el agua es apta para el consumo humano, según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (5 UNT).

d) Conductividad Eléctrica

La evaluación de conductividad eléctrica en las 12 muestras del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata fueron en promedio de 2448.3 μ S/cm en la parcialidad de Collana I, 2037.3 μ S/cm en la parcialidad de Faón, 1660.7 μ S/cm en la parcialidad de Yasín, respectivamente, y 1347.3 μ S/cm en la

parcialidad de Collana II, el promedio durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas es de 1848.9 μ S/cm y en lluvias abundantes es de 1739.7 μ S/cm.

En promedio en las tres parcialidades exceden ligeramente a los límites máximos permisibles, según resultando el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (1500 μ S/cm).

Tabla 9. Conductividad eléctrica (μ S/cm) en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	2448.3	2092.7			
COLLANA II	3	1347.3	1274.3	1848.9	1739.7	1500
FAÓN	3	1939.3	2037.3			
YASÍN	3	1660.7	1554.3			
TOTAL	12					

La conductividad eléctrica no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=0.66$; $gl=3$; $P=0.5869$), de igual manera también durante el periodos de precipitaciones ($F=0.08$; $gl=1$; $P=0.7808$), sin embargo se considera el mayor en conductividad eléctrica en la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Collana II (Figura 16), así como también fue mayor durante las precipitaciones con lluvias escasas (Figura 17).

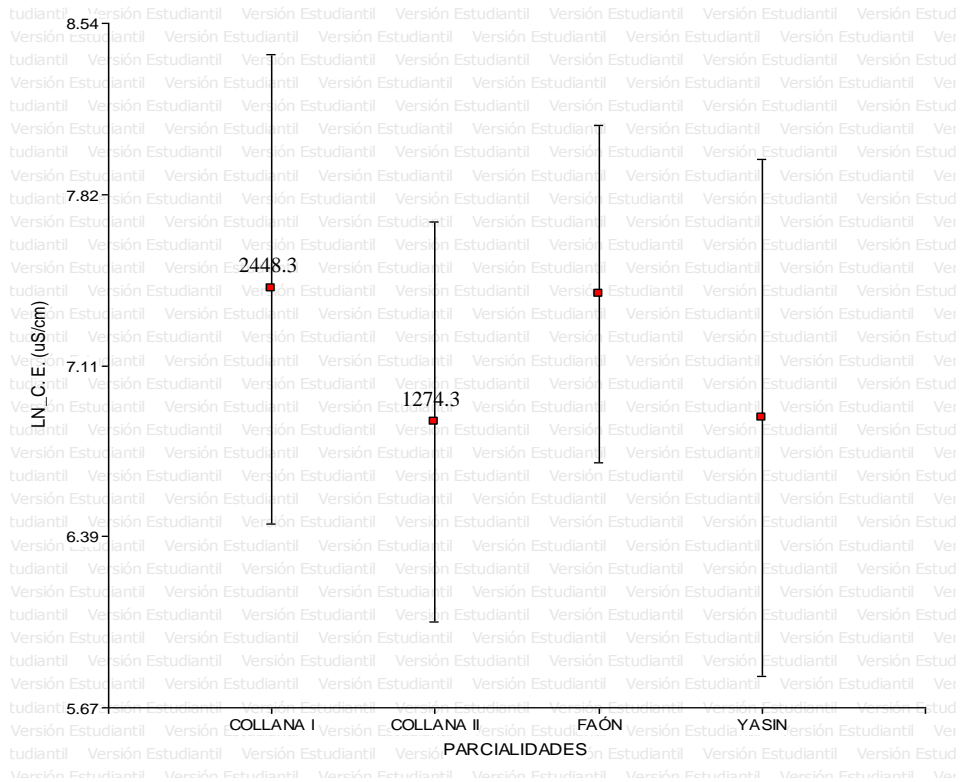


Figura 16. Evaluación de conductividad eléctrica en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

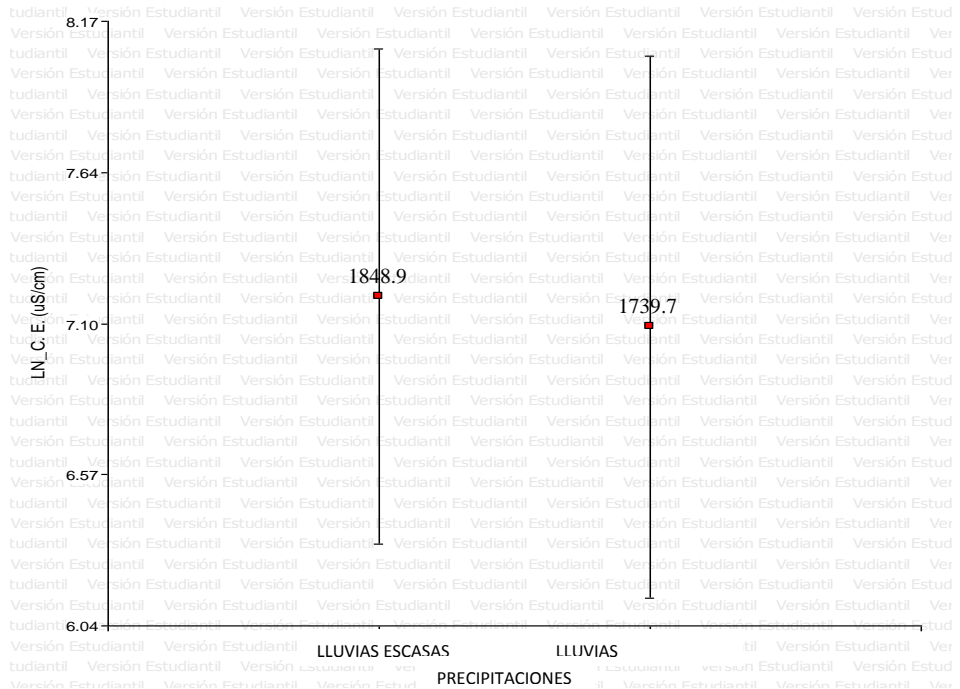


Figura 17. Comparación de conductividad eléctrica durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron superiores a los obtenidos por Calsín (2016), quien realizó estudio de calidad físico, química y bacteriológica de aguas subterránea de consumo humano en el sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca, la conductividad eléctrica fueron de 1636.25 – 1082.18 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron inferiores a los obtenidos por Cava y Ramos (2016), quienes caracterizaron físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, obteniéndose la conductividad eléctrica entre 3400 - 3475 $\mu\text{s}/\text{cm}$, por lo que puede afectar la salud del consumidor, por otra parte la AAA XIV – Titicaca (2015), quien reportó 3510 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en el monitoreo realizado de las aguas subterráneas en la cuenta Coata en la comunidad de Pocsin – Carata, así mismo Apaza y Calsina (2014), quienes reportaron que la conductividad eléctrica varía en un rango de 800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a extremadamente altos mayores a 4000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en las localidades de Carancas y Huata.

De acuerdo al análisis de laboratorio la conductividad eléctrica es alta en agua de pozos en el distrito de Huata, por consiguiente el agua es de mala calidad para consumo humano por mostrar valores que exceden los LMP emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

e). Sólidos totales disueltos.

La evaluación de sólidos totales disueltos fluctúan entre los valores de un máximo de 1224.0 a 1045.3 mg/l en la parcialidad de Collana I a un mínimo de 673.3 a 635.3 mg/l en la parcialidad de Collana II, sin embargo los promedios durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas fueron de 923.1mg/l, y con lluvias abundantes fueron de 868.8mg/l, por lo tanto se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, excepto en la parcialidad de Collana I es mayor a los límites emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (1000 mg/l).

Tabla 10. Sólidos totales disueltos, en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	1224.0	1045.3			
COLLANA II	3	673.3	635.3			
FAÓN	3	967.3	1017.7	923.1	868.8	1000
YASIN	3	827.7	776.7			
TOTAL	12					

La concentración de sólidos totales disueltos no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades ($F=0.66$; $gl=3$; $P=0.5893$), de igual manera también entre las precipitaciones ($F=0.08$; $gl=1$; $P=0.7825$), sin embargo se considera ligeramente mayor a la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Collana II (Figura 18), así como también fue mayor durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 19).

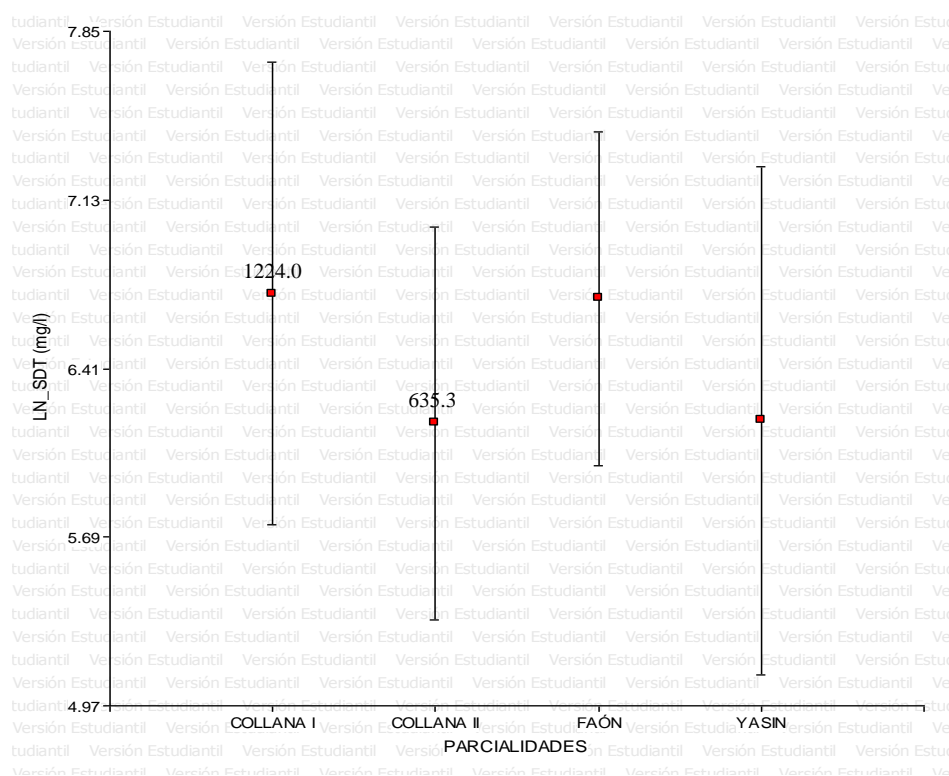


Figura 18. Evaluación de sólidos totales disueltos, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

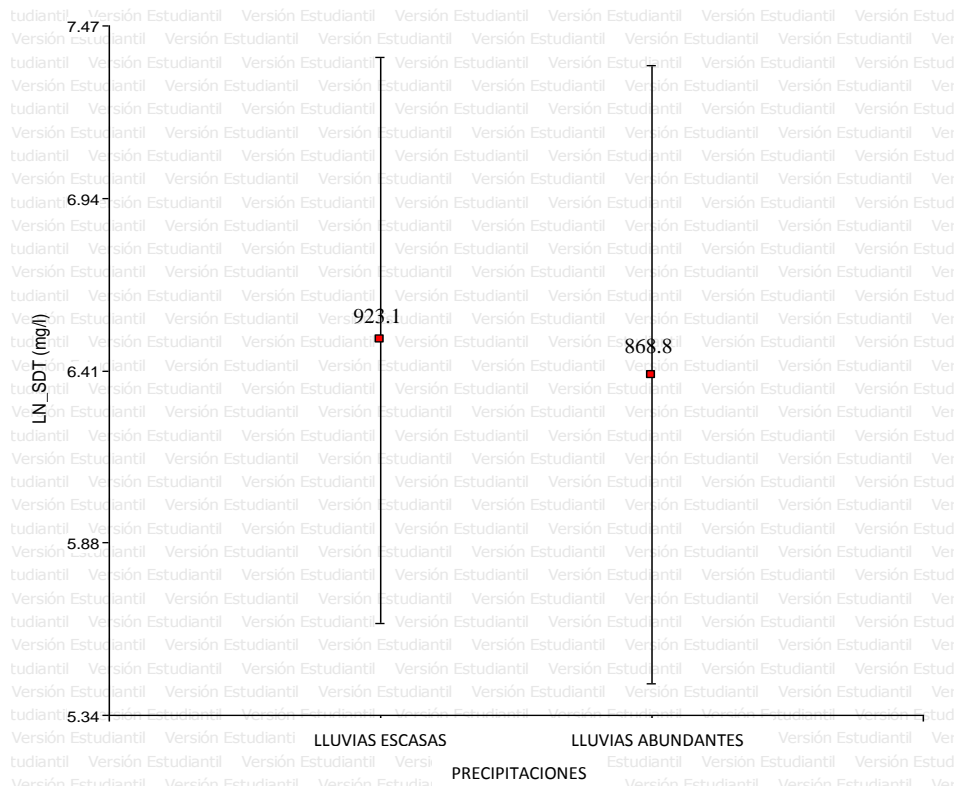


Figura 19. Comparación de sólidos totales disueltos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes, en el distrito de Huata evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron superiores a los obtenidos por Curasi (2010), quien evaluó la calidad de agua en 73 pozos subterráneas con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno, determinando los parámetros para sólidos totales en un rango de (263.20 a 267.21 mg/l), e inferiores citados por Cava y Ramos (2016), quienes caracterizaron físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, obteniéndose sólidos totales disueltos entre 2040 - 2085 mg/l, mientras Apaza y Calcina (2014), reportaron estudios de contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, para sólidos totales disueltos fueron de 250 mayor a 1000 mg/l, encontrando 21 pozos dentro de los rangos 251 a 500 mg/l, de un total de 54 pozos muestreados.

De acuerdo a los resultados obtenidos de sólidos totales disueltos, se determina que el agua de pozos en la parcialidad de Collana I es de mala calidad para consumo humano por mostrar valores que exceden a los LMP emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (1000mg/l).

f). Dureza Total.

Resultados obtenidos de dureza total fluctúan entre los valores de un máximo de 408.3 mg/l en la parcialidad de Collana I a un mínimo 264.4 mg/l en la parcialidad de Collana II, durante el periodo de precipitaciones fluctúan de 350.5mg/l en lluvias escasas y de 290.9 mg/l en lluvias abundantes, se encuentran dentro los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (500 mg/l) por lo tanto es apta para el consumo humano.

Tabla 11. Dureza total (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	408.3	327.0			
COLLANA II	3	308.3	264.4			
FAÓN	3	343.7	286.4	350.5	290.9	500
YASÍN	3	341.9	285.9			
TOTAL	12					

La concentración de la dureza total no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=0.28$ $gl=3$; $P=0.8391$), de igual manera también entre las precipitaciones ($F=0.82$; $gl=1$; $P=0.3761$), sin embargo se considera el ligeramente mayor la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Collana II (Figura 20), así como también fue mayor durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 21).

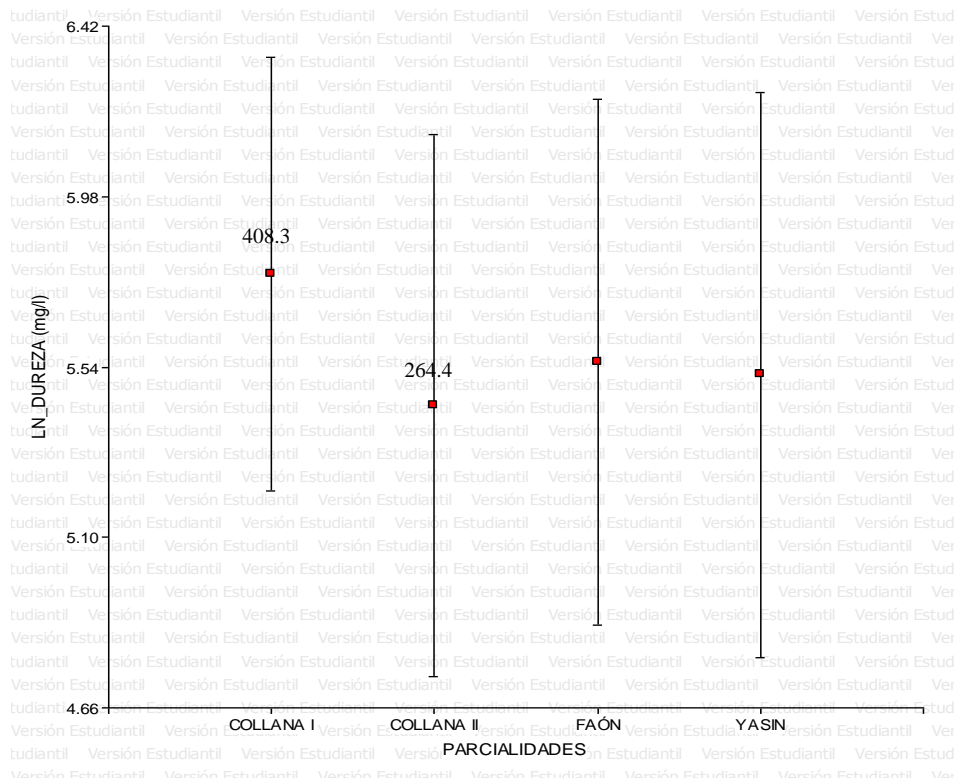


Figura 20. Evaluación de dureza total, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

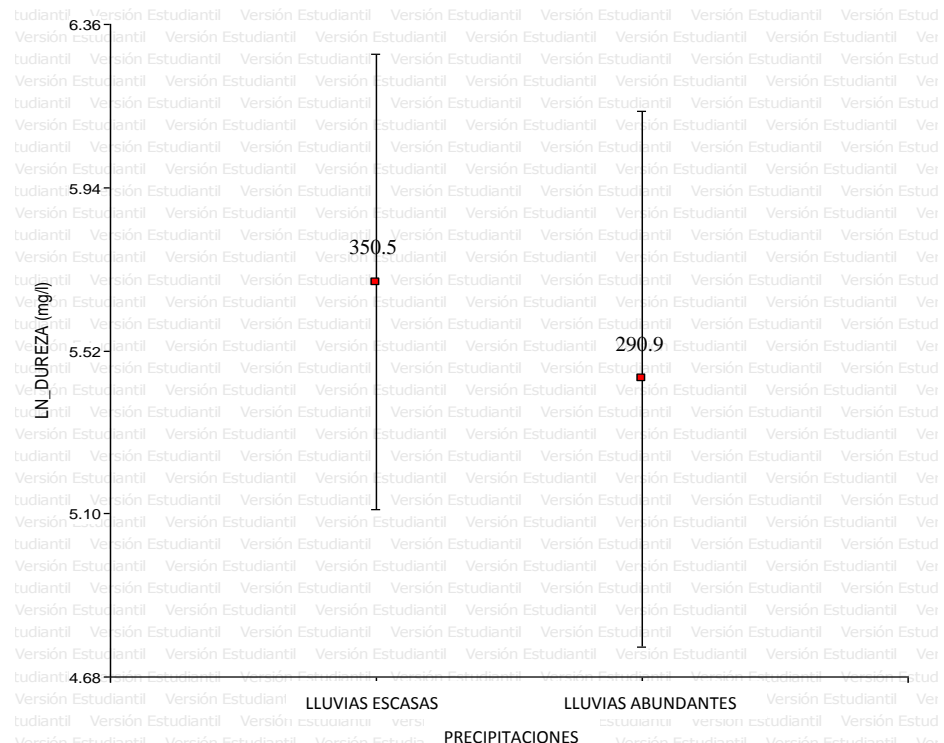


Figura 21. Comparación de dureza total durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron inferiores a los obtenidos por Villeni (2012), quien determinó el estudio analítico de nitratos en aguas subterráneas en el distrito de San Pedro de Lloc, los resultados de dureza presentan concentración mayor al límite máximo permisible P-1, P-9, P-7 (546.14, 605.31, 920.09 mg/l de CaCO_3), respectivamente. El 89 % de las estaciones de muestreo se encuentran en la categoría de aguas muy duras, con concentraciones superiores a 300 mg/L de CaCO_3 son los pozos que se encuentran en abandono, con un máximo de 902,91 mg/L, en este grupo podemos encontrar a los que están cercanos al mar. Por otro lado fueron superiores a los obtenidos Petro y Wees (2014), evaluaron parámetros fisicoquímicos en el municipio de Tubarco – Colombia, obteniendo resultados de dureza total (66.60 – 225.80 mg/l).

De acuerdo a los resultados obtenidos de dureza total indican que el agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata son aptas para consumo humano por ser inferior a los límites máximo permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (500 mg/L)

g) Alcalinidad.

Los resultados obtenidos de alcalinidad fluctúan entre los valores de un máximo 408.3mg/l de la parcialidad de Collana I, a un mínimo de 264.4mg/l en la parcialidad de Collana II, así también en promedio durante las lluvias escasas fue de 350.5mg/l y lluvias abundantes fue de 290.9mg/l, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, son aptas para consumo humano, según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (250 a 500 mg/l).

Tabla 12. Alcalinidad (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
		COLLANA I	3	408.3	327.0	
COLLANA II	3	308.3	264.4			
FAÓN	3	343.7	286.4	350.5	290.9	250 a 500
YASÍN	3	341.9	285.9			
TOTAL	12					

La alcalinidad no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata (F=2.00; gl=3; P=0.1476), de igual manera también entre las de precipitaciones (F=2.19; gl=1; P=0.1556), sin embargo se considera mayor en la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad Yasín (Figura 22), mientras que fue mayor en el periodo de precipitaciones con lluvias abundantes (Figura 23).

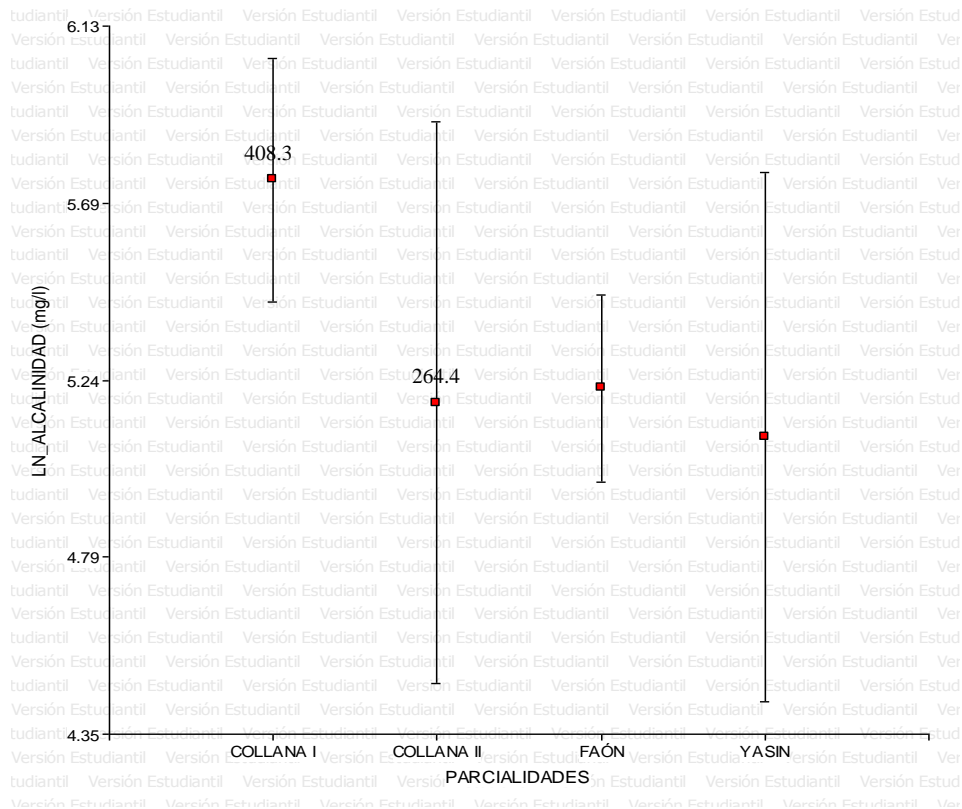


Figura 22. Evaluación de alcalinidad, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

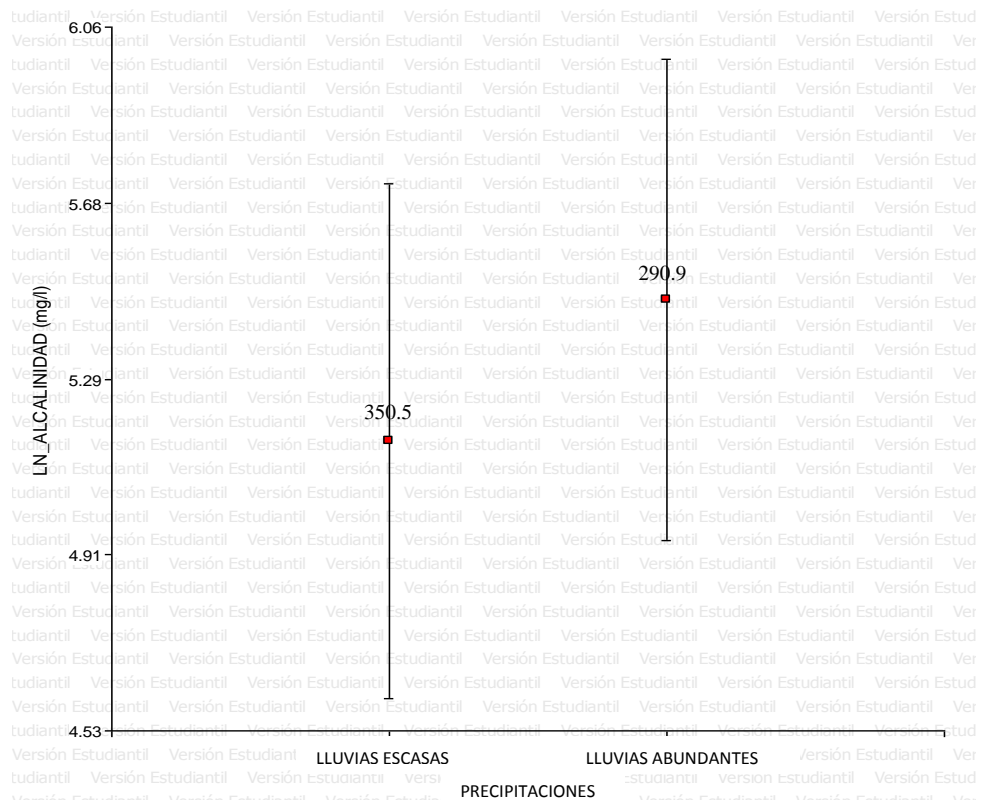


Figura 23. Comparación de alcalinidad durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron inferiores a los obtenidos por Cava y Ramos (2016), caracterizaron los parámetros físico química y microbiológica de agua para el consumo humano Pacora - Lambayeque valores que fluctúa entre 570 a 676 mg/l. por otra parte Belizario (2011), evaluó la calidad de agua subterráneas de la comunidad de Carata – Coata, valores que oscila de un mínimo de 104.80 a un máximo de 544.96 mg/l, este parámetro no tiene importancia sanitaria y no representa riesgo para la salud, siendo inferiores y/o similares a los obtenidos a Petro y Wees (2014), quienes evaluaron en el municipio de Tubarco – Bolívar, obteniendo parámetros de alcalinidad, variando en rangos de 55.2 a 302.4 mg/l.

Por consiguiente el promedio de alcalinidad en los pozos de las cuatro parcialidades está dentro del límite máximo permisible, según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (500 mg/l).

h) Sulfatos.

Los resultados obtenidos de sulfatos fluctúan entre los valores de un máximo 132.7mg/l en la parcialidad de Collana I, y a un mínimo 46.0mg/l en la parcialidad de Yasín, sin embargo el promedio durante el periodo con lluvias escasas fueron de 98.5mg/l y en lluvias abundantes fueron de 73.5mg/l, están dentro de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (500 mg/l).

Tabla 13. Sulfatos (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	132.7	96.0			
COLLANA II	3	104.0	85.3			
FAÓN	3	97.7	66.7	98.5	73.5	250
YASÍN	3	59.7	46.0			
TOTAL	12					

La concentración de sulfatos presentó diferencia estadística significativa entre parcialidades ($F=5.52$; $gl=3$; $P=0.0067$), mas no presentó diferencia entre las precipitaciones ($F=2.33$; $gl=1$; $P=0.1434$), sin embargo se considera ligeramente mayor la concentración de sulfatos en la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Yasín (Figura 24), así como también fue ligeramente mayor en el periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 25).

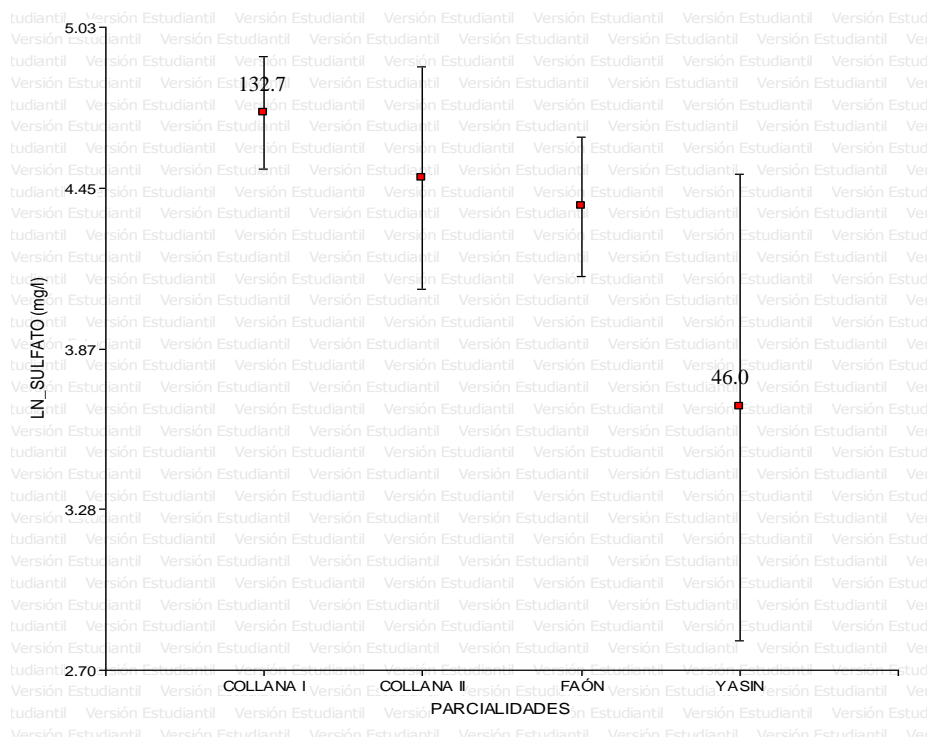


Figura 24. Evaluación de sulfatos, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

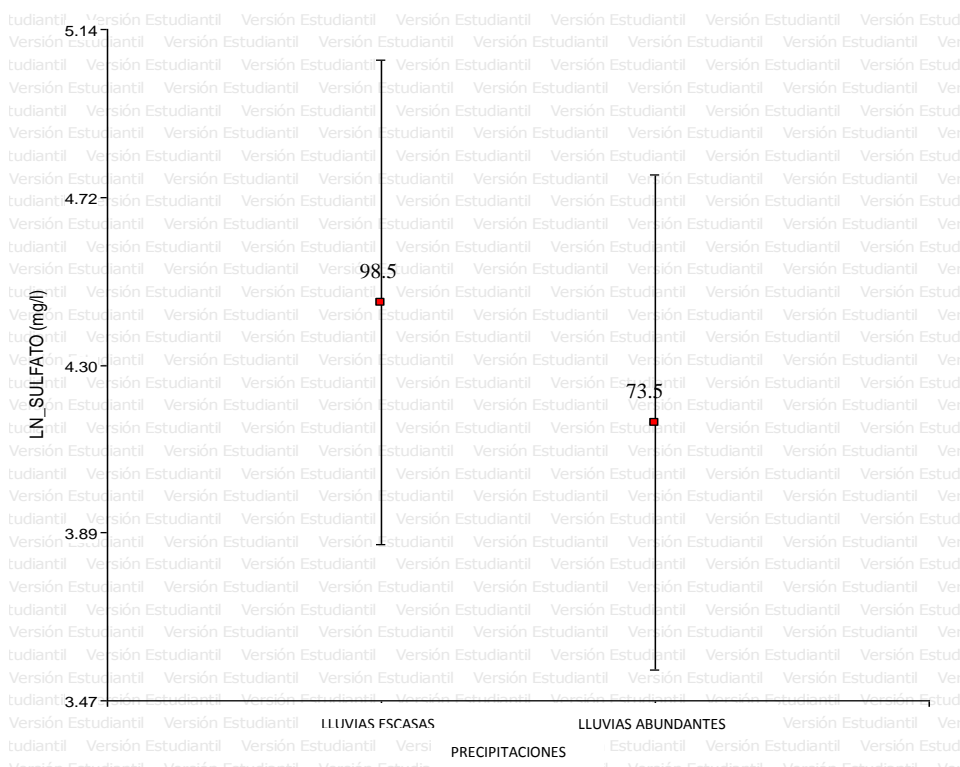


Figura 25. Comparación de sulfatos durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos de esta investigación fueron inferiores a Cava y Ramos (2016), caracterizaron físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, obteniendo la mayor concentración de sulfatos que oscilan entre 455,2 - 490,2 mg/l, por otro lado Curasi (2010), reporta valores sulfato que fluctúan entre 16.0 a 218.00 mg/l, en 73 pozos subterránea de la ciudad de Puno, así como también Calsín (2016), realizó un estudio de calidad físico, química y bacteriológica de aguas subterránea de consumo humano en el sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca fueron de 324.00 - 226.18mg/l para sulfatos.

Los resultados obtenidos de esta investigación fueron similares a Robles *et al*, (2013), reportó en el estudio de Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos, México, donde las pruebas para sulfatos de 56.0, 91.2, 211.0 y 326.0 mg/l.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de sulfatos indican que el agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes son aptas para consumo humano por ser inferiores a los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (250 mg/l)

i) Cloruros.

Los resultados obtenidos de cloruros provenientes de 12 pozos de la cuatro parcialidades del distrito de Huata, fluctúan entre los valores de un máximo de 168.1mg/l en la parcialidad de Faón y a un mínimo 91.6mg/l en la parcialidad de Yasín, así también en promedios durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas fueron de 142.8mg/l y con lluvias abundantes fueron de 118.0mg/l, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (250 mg/l) por lo tanto es apta para el consumo humano.

Tabla 14. Cloruros (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	163.6	145.1			
COLLANA II	3	131.6	112.6			
FAÓN	3	168.1	122.6	142.8	118.0	250
YASÍN	3	108.1	91.6			
TOTAL	12					

La concentración de cloruros no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades ($F=0.75$; $gl=3$; $P=0.5333$), de igual manera también entre las precipitaciones ($F=0.79$; $gl=1$; $P=0.3858$), sin embargo se considera mayor concentración en la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Yasín (Figura 26), así como también se encontró mayor concentración de cloruros durante las precipitaciones con lluvias escasas (Figura 27).

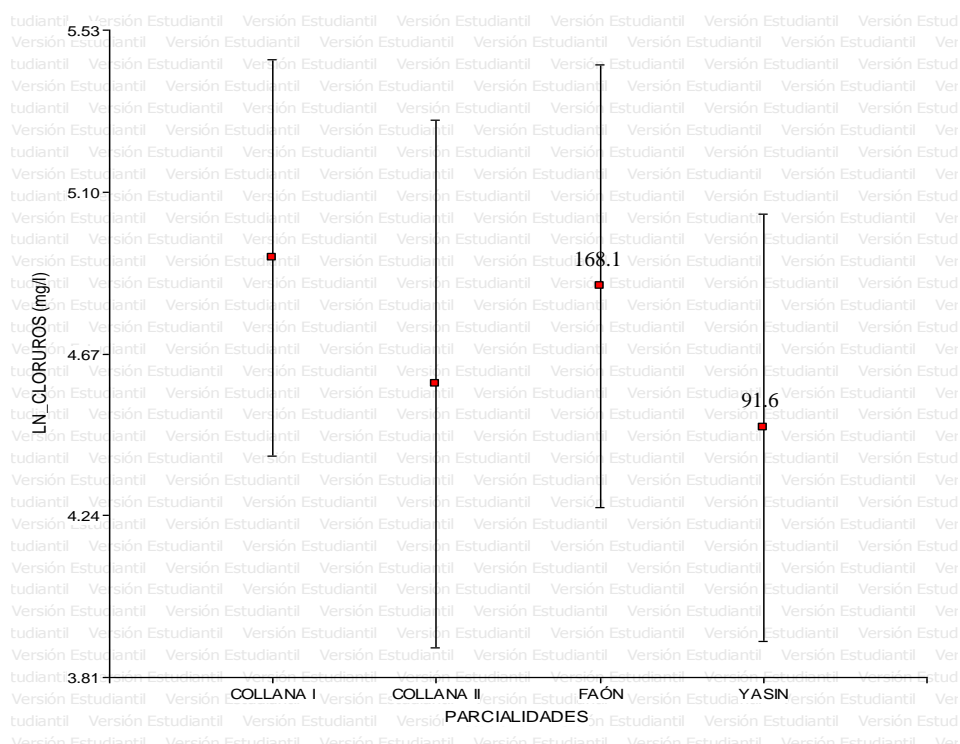


Figura 26. Evaluación de cloruros en agua de pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

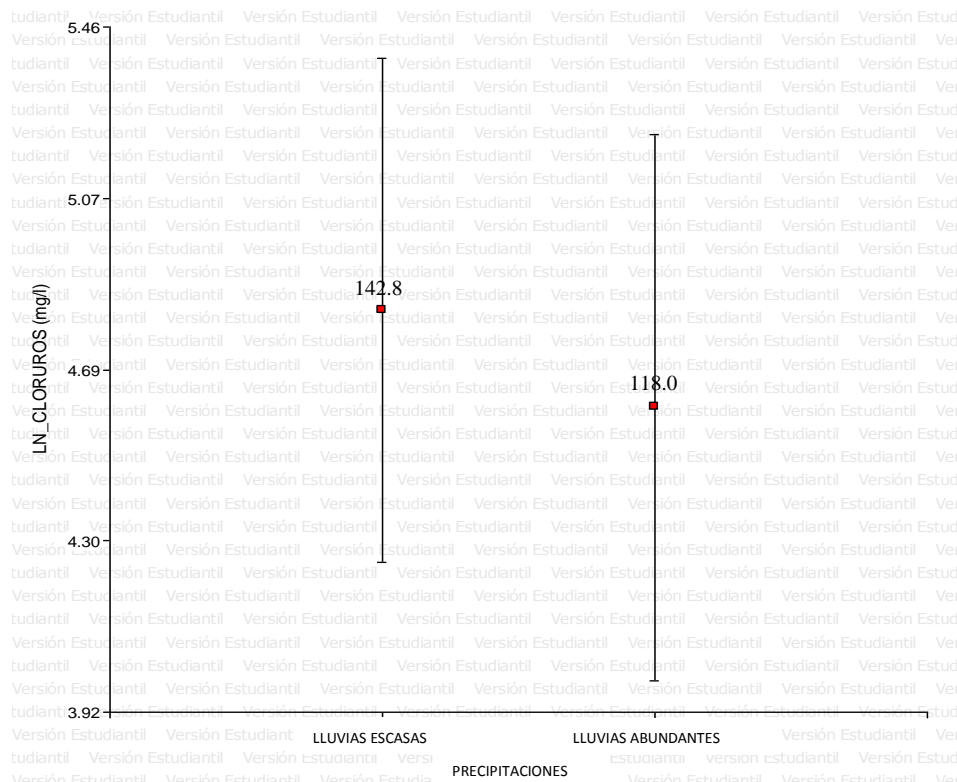


Figura 27. Comparación de cloruros en agua de pozos durante las precipitaciones con lluvias escasa y con lluvias abundantes del distrito de Huata evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron superiores a los obtenidos por Petro y Wees (2014), quienes evaluaron algunos parámetros fisicoquímicos en el municipio de Tubarco – Colombia, reporta en promedio de (8.75 – 67.98 mg/l), que son inferiores a los resultados obtenidos por Curasi (2010), quien evaluó la calidad de agua en 73 pozos subterránea con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno, determinó la concentración de cloruros de 25.50 a 286.50 mg/l, así como también Cava y Ramos (2016), quienes caracterizaron físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora - Lambayeque, reportó para cloruros entre 270 - 298 mg/L, así como también AAA XIV – Titicaca (2015), reportó para concentración de cloruros 854 mg/l, según el monitoreo realizado de las aguas subterráneas en la cuenta Coata en la comunidad de Pocsin.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de cloruros indican que el agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y lluvias abundantes son aptas para consumo

humano por ser inferiores a los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (250 mg/l)

i) Hierro.

Los resultados obtenidos de hierro en 12 pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, fluctúan entre los valores de 1.2 – 0.9mg/l en la parcialidad de Collana I, 0.9mg/l en la parcialidad de Collana II, 0.3 – 0.2mg/l en parcialidad de Yasín y 0.2 – 0.1mg/l, mientras que durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas fueron de 0.6 mg/l y lluvias abundantes fueron de 0.3mg/l.

En promedio el hierro que tan solo en Collana I es mayor a los límites máximos permisibles durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas y con lluvias abundantes, según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (2.0mg/l).

Tabla 15. Hierro (mg/l), en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
		COLLANA I	3	1.2	0.9	
COLLANA II	3	0.9	0.0			
FAÓN	3	0.2	0.1	0.6	0.3	0.3
YASÍN	3	0.3	0.2			
TOTAL	12					

El hierro no presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades ($F=4.18$; $gl=3$; $P=0.2423$), presentó diferencia significativa según prueba de Kruskal Wallis entre precipitaciones ($F=5.20$; $gl=1$; $P=0.0224$), sin embargo se considera ligeramente mayor en la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Yasín (Figura 28), así como también se encontró mayor durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas (Figura 29).

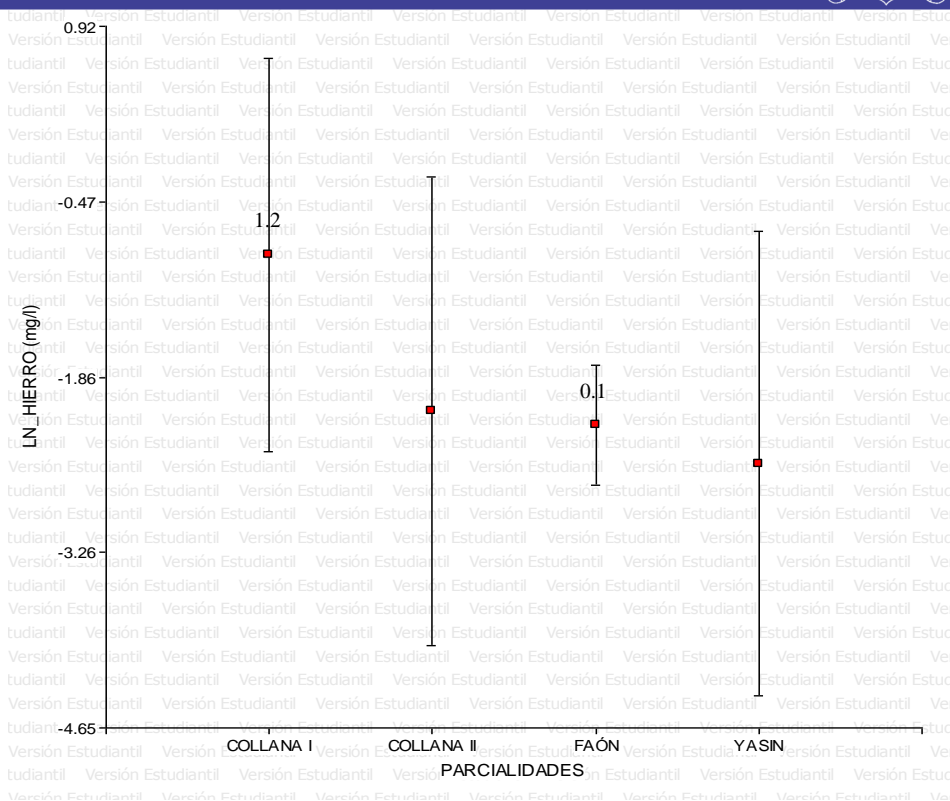


Figura 28. Evaluación de hierro en agua de pozos, en cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

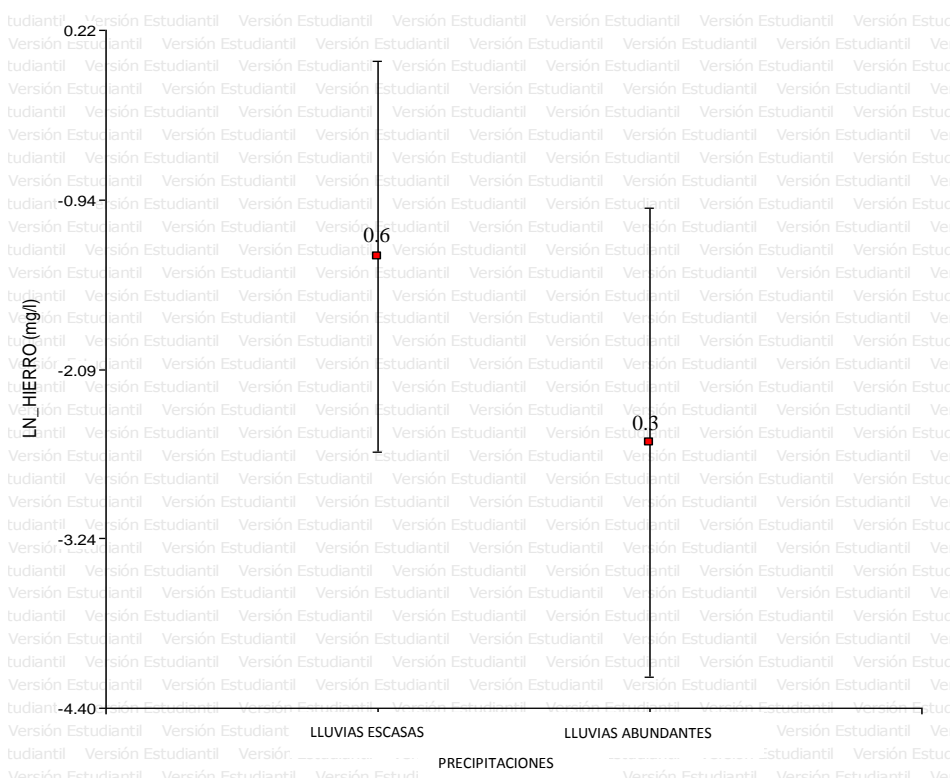


Figura 29. Comparación de hierro en agua de pozos durante las precipitaciones con lluvias escasas y con lluvias abundantes, del distrito de Huata evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron superiores a los obtenidos por Salazar (2015), determino la concentración de hierro (0.003 y 0.059mg/l), en el sistema de abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Juliaca, así como también Petro y Wees (2014), determinó valores hierro, se presentaron fluctuaciones en las estaciones, con mayor presencia en la estación siete con 0.03 mg/L, en el agua de municipio Tubarco – Colombia, pese a ello el 100% de los puntos se encuentran dentro del valor máximo aceptable.

De acuerdo a los resultados obtenidos de hierro, se determina que el agua de pozos en la parcialidad de Collana I es de mala calidad para consumo humano por mostrar valores que exceden los LMP emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (0.3mg/l).

j) Cobre.

Los resultados obtenidos de cobre en 12 pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata – Puno, fluctuaron entre los promedios de valores de 5.0 – 3.8mg/l en la parcialidad de Collana I, 2.2 – 1.4mg/l en la parcialidad de Faón, 1.9 – 1.8mg/l en la parcialidad de Yasín y 1.4 – 1.1mg/l en la parcialidad de Collana II, así como también durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas fluctúa en un promedio de 2.6 mg/l y con lluvias abundantes fluctúa en promedio 2.0mg/l

De acuerdo a los valores obtenidos de cobre indican que tan solo en Collana I es mayor a los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (2.0mg/l).

Tabla 16. Cobre mg/l, en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados entre los meses diciembre 2016 – febrero 2017.

PARCIALIDAD	N° DE POZOS	PROMEDIO PARCIALIDADES		PROMEDIO PRECIPITACIONES		LMP
		LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	LLUVIAS ESCASAS	LLUVIAS ABUNDANTES	
COLLANA I	3	5.0	3.8			
COLLANA II	3	1.4	1.1			
FAÓN	3	2.2	1.4	2.6	2.0	2.0
YASÍN	3	1.9	1.8			
TOTAL	12					

La concentración de cobre presentó diferencia estadística significativa entre las parcialidades del distrito de Huata ($F=3.54$; $gl=3$; $P=0.0345$), mas no presentó diferencia significativa entre las precipitaciones ($F=1.03$; $gl=1$; $P=0.3234$), sin embargo se considera el mayor concentración de hierro en la parcialidad de Collana I y menor en la parcialidad de Collana II (Figura 30), así como también fue ligeramente mayor durante las precipitaciones con lluvias escasas (Figura 31).

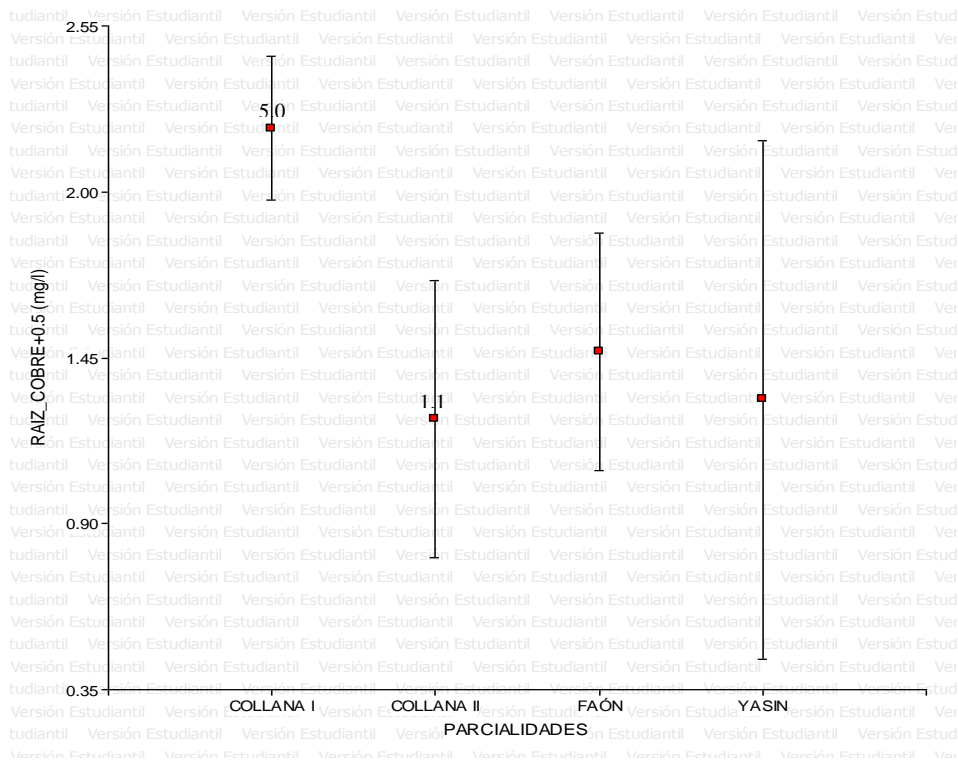


Figura 30. Evaluación de cobre en agua de pozos en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, evaluados durante los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

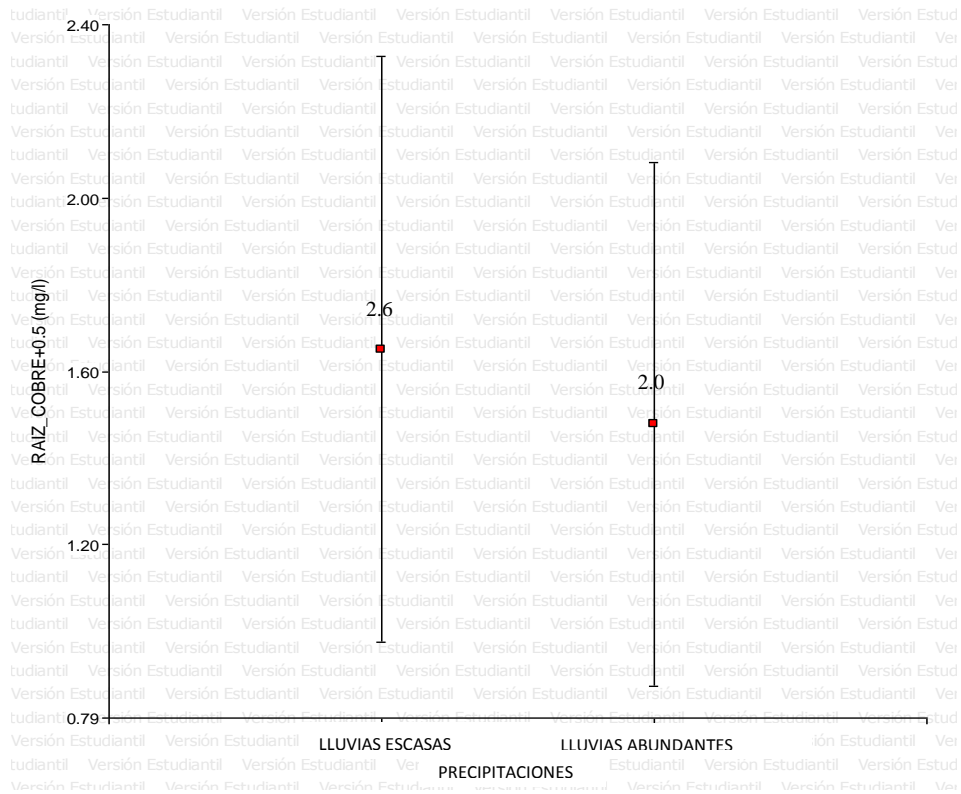


Figura 31. Comparación de cobre en agua de pozos durante las precipitaciones de lluvias escasas y lluvias abundantes en el distrito de Huata, evaluados entre los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron superiores a los obtenidos a Villeni (2012), determinó valores en un promedio de 0, 01 mg/L de Cu, en aguas subterráneas en el distrito de San Pedro de Lloc, así mismo Orozco *et al* (2008), caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de pozos artesanales y efluentes hídricos en la Costa de Chiapas, reportó los valores de cobre 0.14 a 2.22 mg/l.

Sierra (2011), su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO₂, el cobre genera molestias gastrointestinales y problemas hepáticos Parámetros sin valores límites en las Guías de la OMS 2006 y/o NTN.

De acuerdo a los resultados obtenidos de cobre, se determina que el agua de pozos en la parcialidad de Collana I es de mala calidad para consumo humano por mostrar valores que exceden los LMP emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (2.0mg/l).

V. CONCLUSIONES

En cuanto la calidad de agua de pozos para consumo humano en cuatro parcialidades del distrito de Huata, exceden los parámetros microbiológicas, donde existe un déficit en la calidad de agua, asociada a parámetros fisicoquímicos como la conductividad eléctrica, exceden en las parcialidades de Collana I, Faón e Yasín, solidos totales disueltos, hierro y cobre en la parcialidad de Collana I, por lo que se predominan aguas subterráneas de mala calidad por ser mayores a los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA.

El recuento de coliformes totales en las muestras del agua de pozos procedente de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, fueron de 360.0 - 347.3UFC/100ml en la parcialidad de Collana I, 331.0 - 198.7UFC/100ml en la parcialidad de Faón, 231.3 – 62.0UFC/100ml en parcialidad de Yasín, 128.0- 82.3UFC/100ml en parcialidad de Collana II, para los coliformes termotolerantes fueron de 3.3 – 1.7UFC/100ml en parcialidad de Collana II, 2.7 – 0.3UFC/100ml en parcialidad de Collana I, 1.3 – 0.7UFC/100ml en la parcialidad de Faón, 1.3 – 0.3UFC/100ml en la parcialidad de Yasín, exceden los límites máximos permisibles por lo que indica que el agua de pozos no cumple con calidad bacteriológica requerida para consumo humano.

La evaluación de los principales parámetros fisicoquímicos: pH, turbiedad, temperatura, dureza total, alcalinidad, sulfatos, cloruros y hierro se encuentran dentro de los límites máximos permisibles excepto conductividad eléctrica que varía de un rango de 2448.3 μ S/cm en la parcialidad de Collana I a 1554.3 μ S/cm en la parcialidad de Yasín, solidos disuelto totales fueron de 1224.0 a 1045.3mg/l, hierro fueron de 1.2 a 0.9mg/l, cobre fueron de 5.0 a 3.8mg/l en la parcialidad de Collana I, exceden a los límites máximos permisibles, por lo que se indica que el agua de pozos no es de buena calidad.

VI. RECOMENDACIONES

Promover programas de educación sanitaria para la vigilancia de calidad del agua de pozos de consumo humano por parte de la municipalidad distrital de Huata y Centro de Salud de Huata hacia la población.

Se recomienda implementar un sistema de desinfección del agua de pozo por parte de las instituciones involucradas, para no poner en riesgo la salud de los habitantes que hacen el uso de dichos pozos.

Se recomienda tratamiento sanitario del agua de pozo a través de la empresa de la EMSA – Puno, para garantizar la calidad de agua para consumo humano.

VII. REFERENCIAS

APHA – AWWA – WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual. 17vo Edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid – España. 1147 p.

Apaza, R., Calcina, M. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, Puno – Perú. Rev. Investig. Altoandin. 2014; Vol. 16 N° 1: 51 - 58.

Autoridad Administrativa del Agua XIV – Titicaca. (2015). Evaluación de la calidad de agua en la unidad hidrográfica Coata – Puno. Subdirección de gestión de calidad de recursos hídricos Puno – Perú. 40 p.

Autoridad Nacional del Agua. (2012). Ley de recurso hídricos y su reglamento Ley N° 29338. 4ta edición Lima – Perú. 166p.

Belizario, E. (2011). Evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad de Carata del distrito de Coata. Tesis para optar el título profesional, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Puno – Perú. 131 p.

Calsín, K. (2016). Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno – 2016. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 64 p.

Cava, T., Ramos F. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento. Tesis para optar el título profesional, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú. 161 p.

Claret, M. (2003). Análisis del agua subterránea en pozos destinados para consumo humano y su expresión espacial en secano mediterráneo de Chile. Proyecto de investigación INEI – Chile.

Cutimbo, C. (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 Biólogo – Microbiólogo, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna – Perú, 176 p.

Curasi, L. (2010). Evaluación de la calidad de agua subterránea con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno. Tesis para optar el título profesional, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Puno - Perú. 172 p.

Frank, R., Spellman, Ph., Joanne, D. (2000). Manual de agua potable. Editorial Acribia. Zaragoza – España. 255 p.

Guevara, M. (2000). Evaluación bacteriológica 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 de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 78 p.

Figuroa, M. (2004). La comunicación sobre medio ambiente en Prensa Libre, dos problemas específicos, basura y agua (agosto-noviembre 2003). Universidad Rafael Landívar de Guatemala, (tesis de graduación, Facultad de Humanidades). 118p.

Gonzales, G. (2012). Microbiología del agua. Primera edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá – Colombia, 409 p.

Gonzales, O., Aguirre, J., Saugar, G., Orosco, L., Álvarez, G., Palacios, K., Guevara, O. (2007). Diagnóstico de la calidad de agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua. Universitas. Volumen 1. 90 p.

Hernández, J. (2012). Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula. Tesis de investigación para optar el título de Química Bióloga. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 60 p.

Hurtado, J. (2007). Comparación de la calidad bacteriológica del agua de pozos artesianos y rústicos con agua almacenada en las viviendas de caserío Nina Rumi – Loreto. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos – Perú. 52 p.

Leal, J., y Rodríguez, F. (1998). Guía para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local. Editorial Centro de Bartolomé de las casas Cusco – Perú 149 p.

Londoño, A., Giraldo, G., Gutiérrez, A. (2010). Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua. Universidad Nacional de Colombia. Primera Edición. Editorial Blanecolor Ltda. Manizales – Colombia. 149 p.

Madigan, M., Martinko, T., Dunlap, P., Clark, D. (2012). Biología de los microorganismos, Duodécima Edición. Editorial PEARSON. Madrid – España. 1259 p.

Mendoza, M. (2011). Microbiología y factores físicos de las aguas de las desembocaduras de los principales tributarios del lago Titicaca. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 88 p.

Ministerio de Salud. (2013). Manual práctico de análisis de agua. Departamento de Salud Ambiental. Cuarta Edición. Brasilia – Brasil. 150 p.

Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Dirección General de Salud Ambiental. Primera Edición. Lima – Perú. 46 p.

Norma Técnica Peruana ISO 5667- 3. (2001). Calidad de agua: muestreo, preservación y manipulación de muestras. 1ra edición. INDECOPI. Lima – Perú. 130 p.

Murray, R., Rosental, K., Phaller, M. (2013). Microbiología médica. 7ma Edición. Editorial ELSEVIER SAUNDERS. Barcelona – España. 872 p.

Mossel, D., Moreno, B., Struijk, C. (2006). Microbiología de alimentos. 2da Edición. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España. 703 p.

Sánchez, A. (2005). Proceso de análisis de aguas subterráneas del municipio de Mixco, para el abastecimiento de agua potable. Tesis para optar el grado de Ingeniero. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 47 p.

Salazar, M. (2015). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca – 2014. Tesis para optar

el título de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. 96 p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú. (SENAMHI). 2017.

Sierra, R. (2011). Calidad de agua. Primera edición. Editorial Ediciones de la U. Bogotá – Colombia, 457 p.

Organización Panamericana de la Salud. (2005). Estudio para el mejoramiento de la calidad de pozos en zonas rurales de Puno. Puno – Perú. 29 p.

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable primer apéndice a la tercera edición Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud del año 2006.

Orosco, M., Ramírez, F., y Cruz, J. (2008). Aguas subterráneas de pozos artesanales y efluentes hídricos de la costa de Chiapas (México). Hig Sanid Ambient. 8:348 – 354 p.

Pérez, F., Prieto, F., y Rojas, A. (2003). Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua en Zimapán, Hidrobiológica. México. 102 p.

Petro, A., Wees, T. (2014). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de municipio de Tubarco – Bolívar, Caribe Colombia. Tesis para optar el Título de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Colombia. 95 p.

Quinteros, D., Herrera, I. (2009). Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar – Cesar – Colombia. Tesis para optar el Título de Microbiólogo. Facultad de Ciencias de la Salud, Programa Microbiología de la Universidad Popular del Cesar. 75 p.

Ramírez, E., Robles, E., Sainz, G., Ayala, R., Campoy, E. (2009). Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 25 (4) 247-255 p.

Ryan, K., George, C., Ahmad, N., Lawrence, W., y Plorde, J. (2011). Microbiología médica. Editorial Sherris. 5a. Edición McGraw-Hill Interamericana Editores S. A. de C. V. México, D. F. 793 p.

Robles, E., Ramírez, E., Duran, A., Martínez, M., Gonzales, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan. Morelos – México. 4 (1) 19 – 28. 10 p.

Vinelli, R. (2012). Estudio analítico de nitratos en aguas subterráneas en el distrito de San Pedro de Lloc. Tesis para optar el Título de Licenciado en Química. Facultad de Ciencias E Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 88 p.

ANEXOS

Tabla 17. Profundidad y coordenadas de 12 pozos del distrito de Huata.

Parcialidad	N° de Pozos	Propietario	Profundidad	msnm	Coordenadas	
						UTM
COLLANA I	1	Rodrigo Zapana Pari	7.45	3817	19L 0396232	8272315
	2	Miguel Mamani Quispe	4.87	3820	19L 0394663	8271495
	3	Juan Yana Huacani	5.6	3819	19L 0393365	8272155
COLLANA II	4	Honorato Vilca Nuñez	7.75	3822	19L 0393764	8273182
	5	Victor Hierva Rebollo	9.86	3822	19L 0393259	8276589
	6	Josefina Calcina Colquehuanca	6.35	3821	19L 0396113	8275632
FAÓN	7	Regina Vilca Quispe	8.94	3824	19L 0397445	8274523
	8	Hermilinda Zapana Rodriguez	8.45	3819	19L 0398083	8274104
	9	Victor Churata Curo	6.12	3815	19L 0398241	8273048
YASÍN	10	Vicentina Roque	5.47	3819	19L 0398662	8269207
	11	Nilo Coila Yucra	7	3817	19L 0398306	8269680
	12	IEP. N° 70033 - Yasín	7.89	3816	19L 0397870	8270058

PM-01: PUNTOS DE MUESTREO



Figura 33. Toma de muestra del agua de pozo en la parcialidad de Faón, diciembre del 2016.



Figura 34. Toma de muestra del agua de pozo en la parcialidad de Collana II, febrero del 2017.



Figura 35. Medición de parámetros físicos *in situ* del agua de pozo en parcialidad de Yasín en el distrito de Huata, diciembre 2016.



Figura 36. Transporte de la muestra del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, febrero 2017.



Figura 37. Procesamiento coliformes totales y termotolerantes de las muestras del agua de pozos en el laboratorio de EMSA- PUNO, provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, diciembre 2016.



Figura 38. Procesamiento coliformes totales y termotolerantes de muestras del agua de pozos en el laboratorio de EMSA- Puno, provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, febrero 2017.



Figura 39. Incubación de placas de coliformes totales a 35 °C durante 24 horas en el laboratorio de EMSA- PUNO de provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata. diciembre 2016.



Figura 40. Incubación de placas de coliformes termotolerantes a 44.5 °C durante 24 horas en laboratorio EMSA – PUNO, febrero 2017.

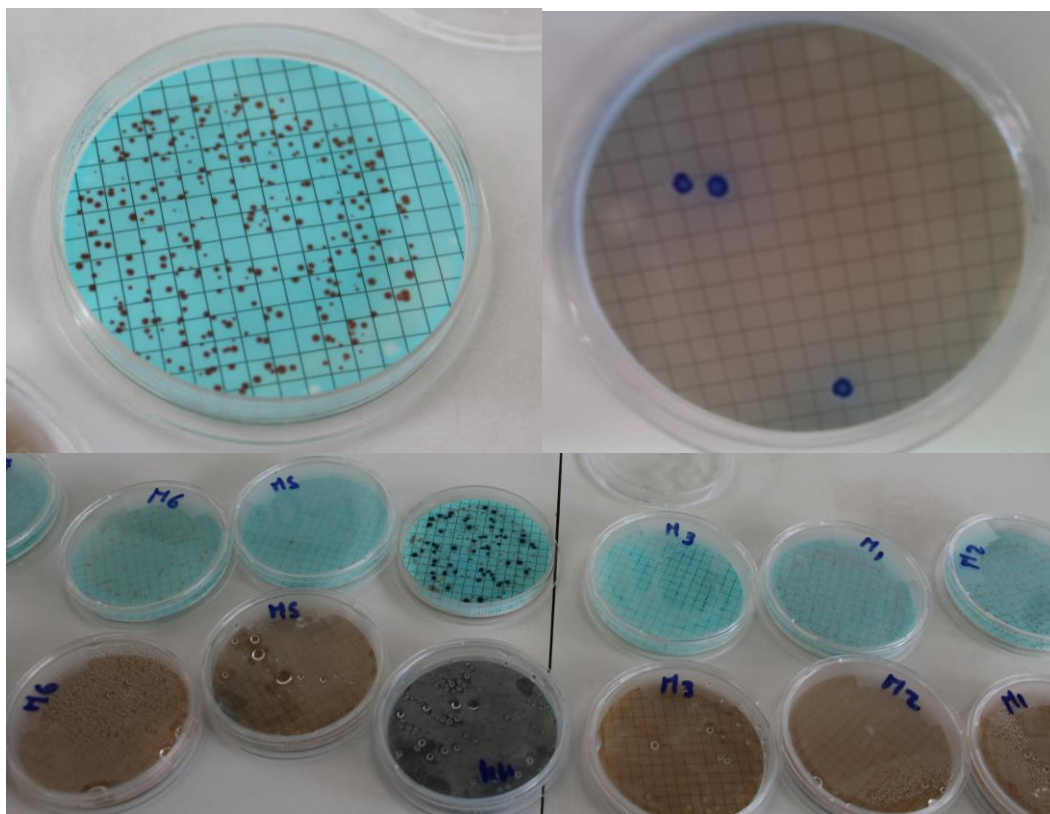


Figura 41. Resultados obtenidos en unidades formadoras de colonias de coliformes totales y termotolerantes, diciembre 2016 y febrero 2017.



Figura 42. Recuento de coliformes totales y termotolerantes mediante el contador en el laboratorio de EMSA – Puno, febrero 2017.



Figura 43. Evaluación de parámetros químicos mediante el método de espectrofotometría (sulfato, hierro y cobre) en el laboratorio de EMSA – Puno.



Figura 44. Evaluación de turbiedad (UNT), del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, febrero 2017.



Figura 45. Evaluación de parámetros químicos mediante el método de titulación (dureza, alcalinidad y cloruros) en el laboratorio de EMSA – Puno, de las muestras del agua de pozos de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, diciembre 2017.



Figura 46. Resultado obtenido de cloruros mediante el método de titulación en el laboratorio de EMSA – Puno, de la muestra de agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata.

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



Decreto Supremo

APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2º concordante con el artículo 7º de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;

Que, el artículo 107º de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;

Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;

Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;



M. Arce P.



E. CRUZ S.



Olivera A.



D. E. C.



De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, y la Ley N° 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°- Aprobación

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.



M. Alce R.

Artículo 2°- Derogación

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.



E. CRUZ S.

Artículo 3°- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



W. Olivera A.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.



D. León Ch.





ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ
Ministro de Salud

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE
CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

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

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO S.A.**

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO EMSAPUNO S.A.**HACE CONSTAR:**

Que la **Br. MARTHA CURO VILCA**, con número de DNI N° 41128434, quien ha realizado los análisis microbiológicos y fisicoquímicos en el Laboratorio de Control de Calidad de Aguas de la Planta de Aziruni – Salcedo de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno EMSAPUNO S.A., comprendidos desde el mes de diciembre del 2016 a febrero del 2017, para el estudio de investigación denominado "Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno 2016", de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno en una cantidad de doce muestras en las dos épocas diferentes durante la ejecución de la investigación.

Se expide la presente Constancia a solicitud del interesado, para los fines que vea por conveniente.

Puno, 29 de Agosto del 2017



EMSAPUNO S.A.

Ing. Jesús Excoyinos Loza
GERENTE GENERALArchivo.
C.c.Dirección: Av. La Torre N° 573 - Teléf.: 352199 - Reclamos: 364051, Puno - Perú
E-mail: gerenciageneral@emsapuno.com.pe