



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL
DE LAS AGUAS DESTINADAS A CONSUMO HUMANO EN
EL SECTOR DE CHANHAJALLA, DISTRITO LA
TINGUIÑA, ICA - 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autor:

Paola del Rosario Espinoza Hernandez

Asesor:

M Sc. Juan Carlos, Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a mis padres, Rosario Hernandez García y Oscar Espinoza Vicuña, por ser mi apoyo incondicional, así como dignos ejemplos de fortaleza y perseverancia, pues sin ellos no sería nada de lo que ahora soy.

A mi pequeño hijo Liam Mateo Alí, a mis hermanos, abuelos y tíos por ayudarme constantemente en esta etapa de mi vida, a todos ustedes los amo infinitamente y nunca terminaré de agradecerles todas las enseñanzas que me han dado durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por cuidarme y protegerme en cada momento bueno y malo, por darme la vida y la oportunidad de alcanzar mis metas.

Son muchas las personas que han contribuido a culminar esta etapa en mi vida. Agradezco a mi padre Oscar Javier por enseñarme el valor de la disciplina y la constancia en cada trabajo, a mi madre Rosario del Pilar, por darme el carácter suficiente para salir a lograr mis metas y a mi pequeño hijo Mateo, por ser mi principal fuente de amor e inspiración, gracias por motivarme cada día a ser mejor, su apoyo incondicional y paciencia han sido vital para ser quien ahora soy.

A mis hermanos, Rosa del Carmen, Oscar Augusto y Antonela del Rosario, por apoyarme siempre y darme ánimos para seguir adelante y superar cualquier adversidad, gracias por tenerme paciencia y ayudarme con cada área de mi vida.

Al Ingeniero Juan Carlos Flores Cerna, asesor de la presente tesis y maestro desde inicios de esta investigación, pues fue el primero en creer en este proyecto, alentándome de manera personal e institucional a concluir con mí estudio.

Agradezco también a la Universidad Privada del Norte por permitirme formarme profesionalmente, por los excelentes docentes que nos comparten constantemente sus conocimientos incondicionales y de quienes se aprende a fortalecer día a día los valores.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	47
1.3. Objetivos.....	47
1.3.1. Objetivo general.....	47
1.3.2. Objetivos específicos.....	47
1.4. Hipótesis	48
1.4.1. Hipótesis específicas.....	48
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	49
2.1. Tipo de investigación	49
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	49
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	52
2.4. Procedimiento.....	54
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	67
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	70
4.1. Discusión.....	70
4.2. Conclusiones.....	113
REFERENCIAS.....	116
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Interpretación de la calificación ICA-PE	26
Tabla 2. Clasificación del agua respecto a su contenido de dureza	29
Tabla 3. Clasificación de nivel de sólidos totales disueltos en el agua según la OMS.....	30
Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.....	32
Tabla 5. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.....	33
Tabla 6. Límites máximos permisibles de parámetros químicos.	34
Tabla 7. Estándares de calidad ambiental destinadas a la producción de agua potable.....	40
Tabla 8. Materiales de campo y de laboratorio.....	51
Tabla 9. Profundidad del pozo muestreado.....	53
Tabla 10. Parámetros analizados en el laboratorio de química de la universidad Privada del norte.....	56
Tabla 11. Equipos utilizados para análisis.....	57
Tabla 12. Resultado de las muestras fisicoquímicas y microbiológicas del pozo IRHS 23 grifo.....	67
Tabla 13. Comparación de los parámetros evaluados en el año 2019 del pozo IRHS 23 grifo con los ECA – categoría 1.....	68
Tabla 14. Cálculo de excedentes, factores y valor del ICA-PE, año 2019.....	69
Tabla 15. Comparación de los promedios de los parámetros analizados con los antecedentes Internacionales y Nacionales.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de monitoreo.....	50
Figura 2. Concentración de turbiedad.....	70
Figura 3. Potencial de hidrógeno.....	71
Figura 4. Sólidos disueltos totales.....	72
Figura 5. Concentración de cloruro.....	73
Figura 6. Concentración de sulfato.....	74
Figura 7. Concentración de nitratos.....	75
Figura 8. Concentración de nitritos.....	76
Figura 9. Conductividad.....	77
Figura 10. Dureza.....	78
Figura 11. Concentración de bacterias coliformes totales.....	79
Figura 12. Concentración de bacterias coliformes termotolerantes.....	80
Figura 13. Índice de calidad del agua del pozo IRHS 23 grifo.....	83
Figura 14. Comparación del resultado promedio de la turbiedad del pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales.....	85
Figura 15. Comparación del resultado promedio de la turbiedad del pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.....	85
Figura 16. Comparación del resultado promedio del pH en el pozo IRHS 23 grifo y los antecedentes internacionales.....	88
Figura 17. Comparación del resultado promedio del pH en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes nacionales.....	88
Figura 18. Comparación del resultado promedio de los TDS en el pozo IRHS con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.....	91

Figura 19. Comparación del resultado promedio de los TDS en el pozo IRHS con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.....	91
Figura 20. Comparación del resultado promedio de los cloruros en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.....	94
Figura 21. Comparación del resultado promedio de los cloruros en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes nacionales.....	94
Figura 22. Comparación del resultado promedio de los sulfatos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.....	97
Figura 23. Comparación del resultado promedio de los sulfatos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes nacionales.....	97
Figura 24. Comparación del resultado promedio de los nitratos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.....	99
Figura 25. Comparación del resultado promedio de los nitratos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes nacionales.....	99
Figura 26. Comparación del resultado promedio de los nitritos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.....	101
Figura 27. Comparación del resultado promedio de la conductividad en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.....	103
Figura 28. Comparación del resultado promedio de la conductividad en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.....	103
Figura 29. Comparación del resultado promedio de la dureza en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.....	106
Figura 30. Comparación del resultado promedio de la dureza en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.....	106
Figura 31. Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes	

totales en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes
internacionales.....109

Figura 32. Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes

totales en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes nacionales.....109

Figura 33. Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes termotolerantes
en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes

internacionales.....111

Figura 34. Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes

termotolerantes en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes

nacionales.....111

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. F1 – Alcance.....	23
Ecuación 2. F2 – Frecuencia.....	23
Ecuación 3. F3 – Amplitud.....	23
Ecuación 4. Suma Normalizada de Excedentes.....	23
Ecuación 5. Excedentes caso 1.....	24
Ecuación 6. Excedentes caso 2.....	24
Ecuación 7. ICA-PE.....	24
Ecuación 8. Determinación de cloruro.....	59
Ecuación 9. Determinación de la dureza.....	63

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como principal objetivo determinar el índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano, obtenida del pozo IRHS 23 grifo con la finalidad de determinar si esta agua es aceptable o no para el consumo humano en el centro poblado, para ello se comparó los resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los estándares de calidad ambiental categoría A1 aprobados por el D.S.N°004-2017-MINAM y con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N°031-2010-SA. Para determinar el ICA se aplicó el ICA-PE, se midieron parámetros fisicoquímicos como, turbiedad, sólidos totales disueltos, cloruro, sulfato, dureza, conductividad, pH, nitratos, nitritos y microbiológicos como bacterias coliformes totales y termotolerantes, en donde los parámetros que no cumplieron la normativa fueron el nitrito, sulfato, bacterias coliformes totales y termotolerantes, en base a la comparación de resultados se procedió con el cálculo del ICA, obteniendo el valor del ICA-PE de 33.33, concluyendo que los valores promedio del ICA-PE del agua del pozo IRHS 23 grifo es calificada como mala, lo que no la hace apta para el consumo humano. Con respecto a los otros parámetros fisicoquímicos todos se encontraron dentro de los estándares de calidad ambiental en la categoría A1 aprobados por el D.S.N°004-2017-MINAM y con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N°031-2010-SA.

Palabras clave: Índice de calidad ambiental, Estándares de calidad ambiental, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to determine the environmental quality index of water destined for human consumption obtained from the tap of the same well in order to determine if this water is acceptable or not for human consumption in the populated center, for this purpose compared the physicochemical and microbiological results with the category A1 environmental quality standards approved by DSN ° 004-2017-MINAM and with the maximum permissible limits established in the water quality regulation approved in the DS N ° 031-2010-SA. To determine the ICA the ICA-PE was applied, physicochemical parameters such as turbidity, STD, chloride, sulfate, hardness, conductivity, pH, nitrates, nitrites and microbiological as Bac were measured. Total and thermotolerant coliforms, where the parameters that did not comply with the regulations were nitrite, sulfate, Bacteria Total and thermotolerant coliforms, based on the comparison of results, the calculation of the ICA was obtained, obtaining the ICA-PE value of 33.33, concluding that the average ICA-PE values of the water from the IRHS 23 tap well is rated as bad, which does not make it fit for human consumption. With respect to the other physicochemical parameters, all were within the environmental quality standards in category A1 approved by D.S. No. 004-2017-MINAM and with the maximum permissible limits established in the water quality regulation approved in the D.S. N ° 031-2010-SA.

Keywords: Water quality Environmental, Environmental quality standards, physicochemical parameters, microbiological parameter.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial los diferentes usuarios del agua tienen la necesidad de poder disponer de una buena calidad de la materia prima todos los días del año, pues sus necesidades esenciales son parte de los derechos humanos reconocidos a través de la resolución 64/292 por la ONU en el 2010 como parte del derecho a una vida aceptable (ONU, 2014).

En la experiencia esto corresponde a unos requisitos precisos, como por ejemplo: cada ser humano debe tener a su disposición la materia prima tanto limpia como segura y por lo general esto se determina a partir de comparar las características físicoquímicas y microbiológicas de una muestra de agua del reservorio con los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM y con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA. (DIGESA, 2011)

A nivel nacional, según los resultados obtenidos a partir de la construcción del índice de agua y saneamiento del INEI, se refleja que existen dos millones novecientos mil setecientos setenta viviendas carentes de agua y saneamiento, de ellas el 47,6% se encuentran ubicadas en el área urbana y el 52.4% restante se encuentran en el área natural. Estas carencias afectan a once millones novecientos setenta y ocho mil quinientos seis habitantes de los cuales el 47, 4% se ubican en población afectada en el área urbana y el 52,6% restante en el área rural (Atanacio, 2010).

A lo largo de la costa de nuestro país, se cuenta con muchas limitaciones en cuanto a la disponibilidad, tratamiento y distribución del recurso hídrico; particularmente en el valle de Ica se viene desarrollando diversos proyectos de monitoreo de aguas subterráneas con la finalidad de saber su cantidad, uso, tipo, estado y número de pozos

equipados (las características de estos y su masa de explotación) para así brindar un mejor servicio a la población; sin embargo tiene aún muchas deficiencias en la parte de tratamiento del agua, a lo que se suma el mal manejo e inseguridad de que la disponibilidad de agua esté a la altura de la creciente demanda (Muñoz, 2016).

El caserío de Chanchajalla, se encuentra ubicada en el distrito de La Tinguiña y tiene una población de 539 habitantes según el último censo realizado por el INEI (INEI, 2017). Cuenta con un suministro de agua de pozo y con un montaje de equipo de bombeo compuesto por una bomba de turbina de eje vertical con el cual se logra extraer agua del subsuelo y se reparte a las distintas casas sirviendo para el consumo y uso doméstico de sus habitantes. Fue construida en el año de 1969 en el período del presidente regional Q.F. Rómulo Triveño Pinto y el alcalde de distrito de La Tinguiña, el Dr. Rubén Velásquez Serna y hasta la actualidad aún se encuentra operativa (Levano, 2019).

Revisando cada una de las etapas de proceso del sistema de abastecimiento de agua, se encontró que uno de los daños más considerables se encuentra en la red de tuberías de distribución, ya que al no recibir mantenimientos estos han sufrido deterioro y corrosión por el paso del tiempo generando malos olores y fugas de agua (Levano, 2019)

Alcaldías anteriores y actuales han optado siempre por abastecer de agua subterránea a la población. El recurso se reparte tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes), en donde los pobladores la tienen que almacenar en distintos contenedores para usarla durante los próximos dos días que se vuelve a liberar agua.

Este trabajo consistirá en determinar el índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito La Tinguiña, Ica,

aplicando el ICA – PE, presentando finalmente alternativas de solución ante los diferentes problemas que se encuentren.

A continuación se presenta los antecedentes de la investigación:

INTERNACIONALES:

El trabajo de investigación realizado por (Montes, 2009) en las comunidades de: El Rincón, El Pedregal y San Francisco del valle del Yeguaré y Zamorano (Honduras); se mostraron los siguientes valores: Bacterias Coliformes termotolerantes (6300 UFC/100mL) y Nitrato 29.6 mg/L de (NO₃-N), concluyendo finalmente que estos valores son el resultado de las actividades agrícolas y ganaderas en las comunidades, además de fosas sépticas en la zona y la proximidad del nivel freático; con respecto a los otros parámetros, por otro lado encontraron los siguientes valores en los parámetros de: pH (4.1 – 8.1 unidades de pH) y temperatura de (25.2°C) para la zona de El Pedregal y (25.1°C) para San Francisco, la conductividad que encontraron fue de 153.9 – 650 µS/cm y los nitratos fueron de 0.2 mg/L, 29.6 mg/L y 18.8 mg/L; en cuanto a turbidez encontraron valores de 0.02 – 123 UNT con una media de 16.81 UNT. Concluyendo que estas fuentes de agua constituyen un riesgo en la salud humana.

(Magdaleno, 2008) en sus estudios de aguas subterráneas y superficiales en el arroyo Colorado y el río Pumpuapa – México; encontraron que la concentración de metales, parámetros físicos y químicos, no excedieron los límites máximos permisibles de la normatividad vigente, a excepción del pH (6.3 – 7.3) que probablemente se modificó por la infiltración de los lixiviados y el escurrimiento de los desechos del basurero hacia el arroyo, por otro lado, la temperatura oscila entre 26.9 – 28.9 °C y la conductividad entre 71 – 496 µS/cm, sin embargo, encontraron alta concentración de coliformes fecales 457 – 4358 UFC /100 mL en las zonas de mayor actividad antropocéntrica, esto debido según indican los autores a las descargas de aguas negras

directas al río en las áreas pobladas, determinando finalmente que estas aguas son un peligro potencial en la salud de los habitantes por el carácter persistente de la fuente de contaminación.

(Márquez, 2012) Realizaron un estudio con el objetivo de caracterizar microbiológica y fisicoquímicamente las aguas subterráneas en los municipios de La Paz y San Diego (Colombia), en donde los valores de 93 muestras para la determinación de protozoos fueron: *Giardia* sp 46.1%, *Cryptosporidium* sp 22.16%, *Entamoeba coli* 13.4%, *Balantidium coli* 8.9%, y *Entamoeba histolytica* 9.37% (todos en su forma infectante). Y en los análisis fisicoquímicos se obtuvieron los siguientes resultados: Conductividad (221 $\mu\text{s/cm}$ – 5270 $\mu\text{s/cm}$), pH (6.71 – 8.2), temperatura (27.5°C – 31.70°C), sólidos disueltos totales (120 mg/L – 2630 mg/L), Turbidez (0 – 23.3 UNT), Cloruros (0.0035 mg/L – 0.600 mg/L), Nitratos (0.613 mg/L 128.824 mg/L), Dureza total (15 mg/L – 180 mg/L), mostrando diferentes problemas asociados a la calidad del agua, entre ellos, problemas de contaminación representados por el elevado contenido de bacterias y sólidos totales disueltos, el exceso en el contenido de sales totales como cloruros, sodio, magnesio, asociados con alta salinidad y conductividad encontrados en algunas zonas, evidenciándose que en todos los puntos de muestreo los parámetros estudiados sobrepasan los estándares de calidad ambiental de agua potable quienes presentan una cantidad máxima permitida de 1 UFC/100 ml para coliformes totales, 0 UFC/100 ml para coliformes fecales, sólidos totales disueltos 500 mg/L y 5 UNT de turbiedad.

Estudios realizados por (Quintero, 2009) de las aguas subterráneas de Venados y Caracolí – Cesar (Colombia); utilizaron como indicadores de contaminación a coliformes totales y coliformes fecales, cuyos resultados fueron: Coliformes totales 2600 UFC/100 mL, Coliformes fecales 2600 UFC/100 mL, mesófilos aerobios 2600 UFC/100 mL, demostrando que estas aguas no son aptas para el consumo humano,

debido a que los pozos carecen de condiciones adecuadas de higiene, con suciedad en su interior, algas y objetos extraños, siendo estos fuertes focos infecciosos para quienes lo consuman.

En contraste, en los estudios de (Robles, 2013) determinaron la calidad del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan – México, donde efectuaron seis muestreos diferentes en los que determinaron once parámetros fisicoquímicos y dos parámetros bacteriológicos obteniendo los resultados de: pH (6.0 – 7.6), cloruros (3.8 mg/L – 30.7 mg/L), sulfatos (49.8 mg/L – 740 mg/L), Turbidez, (0.14 – 0.77 NTU), sólidos totales disueltos (297 mg/L – 1198 mg/L), dureza total (145 mg/L – 736 mg/L) y nitratos (0.81 mg/L – 2.20 mg/L), finalmente las pruebas bacteriológicas mostraron concentraciones de coliformes totales y fecales en todos los pozos mientras que en los análisis fisicoquímicos dieron como resultado una calidad de agua totalmente inaceptable de acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 - SA. Según indican los autores, la presencia de valores altos se debe a la falta de servicios sanitarios y drenaje, lo que causa deterioro en la calidad del acuífero.

(Márquez, 2012) realizaron la evaluación hidrogeoquímica del agua subterránea en los municipios de La Paz y San Diego (Cesar - Colombia), a través de la ejecución de análisis fisicoquímicos y microbiológicos recaudó 160 muestras de agua subterránea y determinó *E. coli* en 13.4%. Mientras que, en los estudios realizados en Yucatán – México por (Pacheco, 2004) recolectaron 106 muestras y demostraron que el agua subterránea presentaba una calidad bacteriológica clasificada como “peligrosa” y “muy contaminada”, en cuanto a los nitratos presentaron un 89% por debajo del límite establecido en la norma (45 mg/L) y el 11% restante con valores que exceden dicho límite, alcanzando concentraciones de hasta 96 mg/L, determinándose de “buena

calidad”, mientras que los cloruros exceden con la normativa (404 – 632 mg/L). Los estudios de vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán – México realizados por (Pacheco, 2004) se obtuvieron los siguientes resultados de nitratos que corresponden a los pozos en época de estiaje; de los cuales 21 superaron el límite permisible de 45 mg/L de nitratos destacando el municipio de Kopomá con 224.63 mg/L, esto puede deberse al aumento de fertilizantes nitrogenados comerciales empleados en la agricultura y al retorno de desechos derivados de la explotación pecuaria u otras fuentes al suelo. El objetivo de dicha investigación fue determinar la presencia de posibles patógenos que generan enfermedades de origen hídrico que causan enfermedades gastrointestinales para la población consumidora.

(Moreno, 2003) realizaron la caracterización de las aguas subterráneas que abastecen al distribuidor general de agua de la ciudad de Zimapán, en el estado de Hidalgo, México, de los cuales seleccionaron seis puntos de muestreo de fuentes de agua subterránea en los que se determinaron veintiocho parámetros físico-químicos de las aguas colectadas, reportando los siguientes resultados: temperatura en °C indican valores entre (21.2 – 25.6), pH en unidades de pH (7.0 – 8.0), conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (383 – 639), turbidez en NTU (0.24 – 0.72), sólidos totales disueltos en mg/L (188 - 317), dureza total en mg/L (150.8 – 348.6), nitratos en mg/L (0.04 – 3.17), sulfatos en mg/L (25.85 – 54.84). Determinando que estas aguas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles por la normativa mexicana, siendo de esta manera apta para el consumo de la población.

NACIONALES:

(Calsin, 2016) Desempeñó un estudio minucioso de tesis con el objetivo de determinar los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de aguas de pozo del sector Taparachi III en la ciudad de Juliaca, dado que dicho sector es muy susceptible a ser contaminado por material orgánico que conlleva a la contaminación por microorganismos, exponiendo en gran medida a la población, a un riesgo de enfermedades gastrointestinales y sustancias químicas. En dicho proyecto se caracterizaron parámetros físicos y microbiológicos los cuales arrojaron los siguientes resultados: conductividad total ($1636.25 \mu\text{S/cm} \pm 86.39 \mu\text{S/cm}$), temperatura ($14.49 \pm 0.38 \text{ }^\circ\text{C}$), sólidos totales disueltos ($785.03 \pm 41.12 \text{ mg/L}$), turbiedad ($2.15 \pm 0.39 \text{ NTU}$), parámetros químicos (pH ($7.39 \pm 0.08 \text{ UpH}$), sulfatos ($324.00 \pm 35.75 \text{ mg/L}$), nitratos ($34.10 \pm 3.22 \text{ mg/L}$), cloruros total ($206.50 \pm 21.34 \text{ mg/L}$), dureza total ($628.91 \pm 48.78 \text{ mg/L}$) y en parámetros microbiológicos: coliformes totales ($378.16 \pm 96.03 \text{ UFC/100 mL}$), coliformes fecales ($107.22 \pm 43.16 \text{ UFC/100mL}$) y bacterias heterotróficas ($303.47 \pm 74.58 \text{ UFC/100 mL}$). Donde con el resultado de las muestras analizadas se pudo concluir que los parámetros físicos y químicos de pozos artesanales y tubulares, de acuerdo a los resultados, no exceden los estándares de calidad ambiental del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA. Sin embargo, se pudo determinar que los parámetros bacteriológicos sobrepasan dichos estándares, por lo tanto se concluye que estas aguas no son aptas para ser destinadas al consumo humano (Calsin, 2016).

(Choque, 2005) en su proyecto de investigación sobre “Determinación de la contaminación bacteriológica del agua para consumo humano proveniente de pozos artesanales de los barrios urbano marginales de la ciudad de Juliaca” indica que al evaluar las distintas muestras de aguas de pozos superficiales encontró un total de

1679.12 de bacterias coliformes totales, los cuales según CANADIAN DRINKING WATER AND OBJECTIVES, lo catalogan como agua que está dentro del límite máximo permisible; no obstante, con respecto a los Coliformes fecales en aguas superficiales, se presentó un total de 1 033.48 UFC/100 mL, superando el límite máximo permisible, concluyéndose que se debe aplicar un tratamiento completo al agua previo a su consumo

(CCAMA, 2017) En su trabajo de investigación sobre calidad bacteriológica y físico química del agua de seis manantiales en el distrito de Santa Rosa provincia de Melgar en la región Puno, de un total de ochenta y dos muestras de agua obtenidas de un igual número de centros educativos, arrojan como resultado que de las ochenta y dos muestras, veintiuno están contaminadas por bacterias coliformes totales. Y del agua proveniente de pozos el promedio de contaminación es de 51.50 bacterias coliformes totales por cien mililitros. Así mismo el agua de manantial presentó treinta y nueve coliformes por cien mililitros, el agua de los recipientes un total de 8.57 coliformes/100 mL y el agua de la red pública presentó un total de 4.32 coliformes/100 mL de agua. Las condiciones sanitarias de los servicios de abastecimiento de agua son: a) Red pública 54% en buenas condiciones, 89.2% en regular estado y el 5.4% en malas condiciones. b) El 100% de los pozos protegidos se encuentran en regulares condiciones y c) Otras fuentes 20% en buenas condiciones y el 80% en regular estado. Concluyéndose que los valores se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental.

(Vilca, 2017) En su informe de evaluación Bacteriológica de la Calidad del Agua de Pozos para Consumo Humano en el distrito de Huata, provincia de Puno, el autor pudo determinar que la población promedio de bacterias indicadoras de contaminación, durante el periodo lluvioso registró valores promedio de 108.48 y 10.75/100 mL de coliformes totales y termotolerantes respectivamente. Y en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos obtuvo los siguientes resultados promedio: pH (7.8), temperatura (16.7 – 16.5 °C), turbiedad (3.0 – 2.0 UNT), conductividad eléctrica (2448.3, 2037.3 μ S/cm), sólidos totales disueltos (1224.0 a 1045.3mg/L), dureza total (408.3 mg/L), alcalinidad (408.3 mg/L), cloruros (168.1 mg/L), sulfatos (132.7 mg/L), hierro (1.2 mg/L) y cobre (5.0 mg/L). Concluyendo que la calidad del agua de los pozos superan los estándares de calidad ambiental en la categoría A1 aprobado por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM ya que predominan aguas subterráneas de mala calidad.

DEFINICIONES CONCEPTUALES:

A. CALIDAD DEL AGUA:

Cuando de Calidad de agua se habla, no sólo se refiere al estado físicoquímico en el que la materia prima se encuentra dentro de la naturaleza, sino también que en este estado no afecte la salud humana o al medio ambiente. Dentro del Perú para poder determinar la calidad del agua es necesario realizar una serie de monitoreos midiendo distintos parámetros fisicoquímicos. Dichos monitoreos deben realizarse bajo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales propuesto por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), para posteriormente, con estos resultados obtenidos del monitoreo, se realice una comparación con los estándares de calidad ambiental aprobados por el D.S. N° 004

– 2017 - MINAM, para finalmente aplicar el índice de calidad ambiental y de esa manera describir la calidad del agua de manera más clara y precisa.

B. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)

El Estándar de Calidad Ambiental es la regla que establece el nivel de concentración o de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas o al ambiente, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país (D.S. N° 004, 2017 - MINAM). (DIGESA, 2011)

C. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA – ICA:

El Índice de Calidad Ambiental (ICA) es una herramienta muy útil para lo que se refiere a evaluación de la calidad del agua, un índice de calidad ambiental es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad de la materia prima. Esta evaluación general de la calidad del agua ha sido un tema muy controversial en cuanto a su aplicación para la regulación del recurso hídrico en el mundo, ya que ésta considera criterios que no siempre garantizan el resultado esperado para regiones con diferentes características. Por consecuencia, muchos países han desarrollado estudios e indicadores tendentes a aplicar criterios de evaluación propios, de tal forma que su aplicabilidad corresponda con sus requerimientos y necesidades (ANA, 2017).

El ICA es una de las herramientas compuestas por matemáticas que integra información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua. En ese sentido, el índice

de calidad ambiental constituye un instrumento fundamental debido a que permiten transmitir información de manera sencilla sobre la calidad del recurso hídrico tanto a las autoridades competentes como al mismo público en general; así mismo identifica y compara las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo. Siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0 - 100 (ANA, 2018).

D. EL ICA – PE

La metodología para la determinación del Índice de calidad de Agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú, es una herramienta que tiene como finalidad la valoración simplificada de la calidad del agua, ya que contribuirá con un mejor entendimiento de la gestión de calidad de los recursos y fue aprobado mediante la Resolución Jefatural N° 068 – 2018 – ANA, basándose en uno de los índices más empleados propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés), el cual propone una evaluación más amplia de la calidad del agua en un periodo de tiempo determinado, teniendo en cuenta el número de parámetros que superan un estándar de referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (CCME, 2001).

Para su elaboración metodológica, la propuesta del ICA aplicado en otros países, es adoptado debido a que nos permite adaptar todo lo que requiere para su determinación y cálculo, sin la necesidad de requerir a alguna referencia de otro país. Con la finalidad de integrar toda la información obtenida y evaluar el estado de la calidad del cuerpo de agua, con un valor único que califica el estado de la calidad del agua (ANA, 2018).

El Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME_WQI), proporciona un marco matemático para evaluar cuales son las condiciones ambientales de la calidad de la materia prima en relación con las pautas de su calidad, pues es flexible con respecto al tipo y número de parámetros de calidad del agua que se analiza, así como también el período de aplicación y el tipo de cuerpo de agua (arroyo, río, lago, etc.) a prueba. El Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME_WQI) se basa en una combinación de tres factores: el número de parámetros cuyas directrices no se cumplen (Alcance), la frecuencia con la que no se cumplen las directrices (frecuencia), y la cantidad por la cual no se cumplen las pautas (Amplitud) (CCME, 2017).

Para calcular el ICA-PE, se aplica la fórmula canadiense del CCME_WQI, que comprende tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), lo que resulta del cálculo matemático un valor único (entre 0 y 100), que va a representar y describir el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca.

Ecuación 1. F1 – Alcance

$$F1 = \frac{\text{Número de Parámetros que no cumplen los ECA-AGUA}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}} * 100$$

Ecuación 2. F2 – Frecuencia

$$F2 = \frac{\text{Número de Parámetros que NO cumplen los ECA-agua de los datos evaluados}}{\text{Número Total de datos evaluados}} * 100$$

Ecuación 3. F3 – Amplitud

$$F3 = \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes}+1} * 100$$

Donde:

Ecuación 4. Suma Normalizada de Excedentes

$$nse = \frac{\sum_{i=1} \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}}$$

Excedente:

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA - Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

Ecuación 5. Excedentes caso 1

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA-agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en ECA-agua}} - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA - Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

Ecuación 6. Excedentes caso 2

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA-agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA-agua}} - 1$$

Fuente: (CCME, 2017)

Con el valor de los factores (F1, F2, y F3) se procede a realizar el Cálculo del Índice de Calidad de Agua, siendo este la diferencia de 100 y la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los tres (03) factores, F1, F2 y F3; valor que se presenta en un rango de 100, como un ICA de excelente calidad a 0, como valor que representa un ICA de pésima calidad. Se expresa en la siguiente ecuación:

Ecuación 7. ICA-PE

$$\text{ICA-PE} = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$$

Fuente: (CCME, 2017)

El valor del índice de calidad de agua calculado se presenta como un número adimensional comprendido entre un rango, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que expresan y califican el estado de la calidad del agua, como Pésimo, Malo, Regular, Bueno y Excelente. Este tipo de calificación cualitativa viene asociada a una escala cromática (cada calificación tendrá un color), el cual tiene por propósito facilitar la comunicación y representar el estado de la calidad del agua (ANA, 2018).

Tabla 1: Interpretación de la calificación ICA-PE.

ICA - PE	Calificación	Interpretación
90 - 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
75 - 89	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45 - 74	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada, La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
30 - 44	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.

ICA - PE	Calificación	Interpretación
0 - 29	Pésimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua.

E. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS:

Los parámetros físicos en el agua, son aquellos que influyen directamente en el estado estético de esta y los parámetros químicos son aquellos indicadores y sustancias químicas que representan su nivel de concentración.

- a. CONDUCTIVIDAD:** La conductividad es la medida de la capacidad de una solución para transportar y/o conducir una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición. (COMPANY, 2017)

El agua en su estado natural tiene muy poca conductividad, por esta razón es que la medida de la conductividad nos da una idea de los sólidos disueltos en esta. (COMPANY, 2017)

De la conductividad eléctrica, que indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica, propiedad que se utiliza en mediciones de campo o de laboratorio, expresadas en micro Siemens/L ($\mu\text{S/L}$).

A partir de la conductividad se puede obtener los sólidos disueltos multiplicando por un factor entre 0.55 y 0.75. (DIGESA, 2011)

- b. NITRATOS:** Los nitratos son compuestos inorgánicos combinado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O) cuyo símbolo químico

es NO_3 . Normalmente, el nitrato no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO_2) (Laurente, 2015).

La presencia de NO_3 en aguas procede de la disolución de rocas y minerales (muy frecuentes), de la descomposición de materias vegetales y animales, de efluentes industriales y del lixiviado de tierras de labor en donde se utilizan abonos que los contienen profusamente como componentes en sus formulaciones (Marín, 2003).

c. TURBIEDAD: La turbiedad es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz y es producida por una variedad de causas. Entre las principales tenemos:

- La erosión natural de las cuencas, la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos.
- Contaminación causada por la industria por desechos domésticos.

La turbiedad puede tener un origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.) como el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un alto contenido de material orgánico (microorganismos, limus, etc.) como el caso de turbiedad aportada por actividades antrópicas. (Sierra, 2011)

d. pH: Es el término para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Por convención se define como:

$$pH = -\log[H_+]$$

Por análisis químico, el pH se encuentra entre los rangos de 0 a 14. Donde 7 es neutro, a mayor sea el valor el agua se considera más básica o alcalina; mientras menor sea su valor se considera más ácida. (Sierra, 2011)

- e. **CLORUROS:** El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante. El cloruro, en forma de ión (Cl^-) es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual.

La infiltración de aguas subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituye también una potencial fuente de cloruros y sulfatos. (DIGESA, 2011)

- f. **SULFATO:** Se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos; no obstante, las mayores concentraciones se dan, por lo común, en las aguas subterráneas estas se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas. El sulfato (SO_4^{2-}) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litro. (DIGESA, 2011)

- g. **NITRITO:** Las heces de los animales contienen proteína no asimilada (nitrógeno orgánico) y las proteínas que quedan en los cuerpos de los animales y plantas que mueren se convierten en gran medida en amoníaco por acción de las bacterias heterótrofas, en condiciones aeróbicas y anaeróbicas. El amoníaco liberado por la acción de las bacterias sobre la urea y las proteínas es utilizado por las plantas. Si se libera en exceso es oxidado por las bacterias (nitrosomas) que en condiciones aeróbicas convierten el amoníaco a nitrito. (DIGESA, 2011)

- h. **DUREZA:** Se denomina a la propiedad que tienen ciertas aguas para cortar el jabón, es decir que se requieren grandes cantidades de jabón para producir espuma. También tienen la particularidad de que a elevadas temperaturas se forman incrustaciones en los equipos.

Las aguas duras no presentan ningún problema sanitario. Sin embargo, si se va a utilizar en la industria deben ser tratadas.

La dureza la ocasiona la presencia de cualquier catión bivalente en el agua, principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} . La dureza ingresa al agua en el proceso natural de disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo.

Con respecto a la dureza no carbonácea, referida comúnmente como dureza permanente esta es ocasionada por la presencia de sulfatos, cloruros o nitratos de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Es importante notar que la dureza no carbonácea no se puede remover elevando la temperatura. Las sales que ocasionan este tipo de dureza son insolubles, por lo tanto, el tratamiento con cal o soluciones ácidas no es efectivo. (Sierra, 2011)

En el mundo existen una serie de clasificaciones del agua respecto a su contenido de dureza, siendo una de las más utilizadas la de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Neira, 2016)

Tabla 2:

Clasificación del agua respecto a su contenido de dureza

<i>CaCO₃(mg/L)</i>	Tipo de agua
0 - 60	Blanda
61 - 120	Moderadamente dura
121 - 180	Dura

$CaCO_3$ (mg/L)	Tipo de agua
>180	Muy dura

Fuente: (Neira, 2016)

- i. **SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS:** Es la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. Es clasificado como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. Éste estándar secundario se establece porque TDS elevado proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en ésta. Personas no acostumbradas al agua con alto contenido de TDS pueden experimentar irritación gastrointestinal al beber ésta. TDS también pueden interferir con equipos de tratamiento y es importante considerarlo al instalar un sistema de tratamiento de agua. Tratamiento de agua por TDS puede lograrse por ósmosis reversa o destilación (Carbotécnia, 2014).

Tabla 3:

Clasificación de nivel de TDS en el agua según la OMS

mg/L	Tipo de agua
<300	Excelente
300 - 600	Bueno
600 - 900	Regular
900 - 1200	Pobre
>1200	Inaceptable

Fuente: (OMS, 2008)

j. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:

a. COLIFORMES TOTALES:

Los coliformes totales pueden encontrarse tanto en heces como en el medio ambiente, como por ejemplo, aguas ricas en nutrientes, suelos y materias vegetales en descomposición, así como también hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces pero que se multiplican en el agua. (DIGESA, 2011)

b. COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES:

Los coliformes fecales o termotolerantes son un subgrupo de bacterias coliformes totales que se encuentran en grandes cantidades en los intestinos y excremento de los seres humanos y animales. Su presencia es un indicador de que el agua del pozo está contaminada con excremento o desechos de alcantarillas y tiene el potencial de causar enfermedades. (DIGESA, 2011)

k. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL AGUA:

Los límites máximos permisibles de acuerdo al numeral 32.1 del artículo 32 de la Ley N° 28611 de la Ley general del ambiente, se define como la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físico, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (MINAM, 2005)

Según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (Tabla 2, 3 y 4), aprobado por el D.S. N° 031-2010-SA, dispone los siguientes límites:

Tabla 4:

Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos

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

Parámetros	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
Bacteria coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
E. Coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0 (*)
Virus	UFC/mL	0 (*)
Organismo de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos	N° org/L	0 (*)

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En este caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = <1.8/100 MI

Fuente: (Ley N° 28611 Ley General del Ambiente, 2011)

Tabla 5:

Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
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
SDT	mg/L	1000
Cloruro	mg Cl/L	250
Sulfatos	mgSO ₄ ²⁻ /L	250
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500
Amoniaco	mg N/L	1.5
Hierro	mg Fe/L	0.3
Aluminio	mg Al/L	0.2
Manganeso	mg Mn/L	0.4
UCV = Unidad de color verdadero		
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad		

Fuente: (Ley N° 28611 Ley General del Ambiente, 2011)

Tabla 6:

Límites Máximos Permisibles de Parámetros Químicos

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICO Y ORGÁNICOS			
Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límites permisibles	máximos
Antimonio	mg Sb/L	0.02	
Arsénico (nota 1)	mg As/L	0.01	
Bario	mg Ba/ L	0.7	
Boro	mg B/L	1.5	
Cadmio	mg Cd/L	0.003	
Cianuro	mg CN/L	0.07	
Cloro (nota 2)	mg Cl/L	5	
Clorito	mg/L	0.7	
Clorato	mg/L	0.7	
Cromo total	mg Cr/L	0.05	
Flúor	mg F/L	1	
Mercurio	mg Hg/L	0.001	
Níquel	mg Ni/L	0.02	
Nitratos	mg (NO ₃)/L	50	
Nitritos	mg (NO ₂)/L	3.0 exposición corta	
		0.20 Exposición larga	

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS
INORGÁNICO Y ORGÁNICOS**

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
Plomo	mg Pb/L	0.01
Selenio	mg Se/L	0.010
Molibdeno	mg Mo/L	0.07
Uranio	mg U/L	0.015
Parámetros orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Trihalometanos totales (nota 3)	mg/L	1
Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mg/L	0.01
Aceites y grasas	mg/L	0.5
Alacloro	mg/L	0.020
Aldicarb	mg/L	0.010
Aldrín y dieldrín	mg/L	0.00003
Benceno	mg/L	0.010
Clordano (total de isómero)	mg/L	0.0002
DDT (total de isómeros)	mg/L	0.001
Endrín	mg/L	0.0006
Gamma HCH (lindano)	mg/L	0.002

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS
INORGÁNICO Y ORGÁNICOS**

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
Hexaclorobenceno	mg/L	0.001
Heptacloro y heptacloroepóxido	mg/L	0.00003
Metoxicloro	mg/L	0.020
Pentaclorofenol	mg/L	0.009
2,4-D	mg/L	0.030
Acrilamida	mg/L	0.0005
Epiclorhidrina	mg/L	0.0004
Cloruro de vinilo	mg/L	0.0003
Benzopireno	mg/L	0.0007
1,2-dicloroetano	mg/L	0.03
Tetracloroetano	mg/L	0.04
Monocloramina	mg/L	3
Tricloroetano	mg/L	0.07
Tetracloruro de carbono	mg/L	0.004
Ftalato de di (2-etilhexilo)	mg/L	0.008
1,2- Diclorobenceno	mg/L	1
1,4-Diclorobenceno	mg/L	0.3
1,1-Dicloroetano	mg/L	0.03

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS
INORGÁNICO Y ORGÁNICOS**

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
1,2-Dicloroetano	mg/L	0.05
Diclorometano	mg/L	0.02
Acido edético (EDTA)	mg/L	0.6
Etilbenceno	mg/L	0.3
Hexaclorobutadieno	mg/L	0.0006
Ácido nitrilotriacético	mg/L	0.2
Estireno	mg/L	0.02
Tolueno	mg/L	0.7
Xileno	mg/L	0.5
Atrazina	mg/L	0.002
Carbofurano	mg/L	0.007
Clorotoluron	mg/L	0.03
Cianazina	mg/L	0.0006
2,4-DB	mg/L	0.09
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	mg/L	0.001
1,2-Dibromoetano	mg/L	0.0004
1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)	mg/L	0.04
1,3-Dicloropropeno	mg/L	0.02

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS
INORGÁNICO Y ORGÁNICOS**

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
Dicloroprop	mg/L	0.1
Dimetato	mg/L	0.006
Fenoprop	mg/L	0.009
Isoproturon	mg/L	0.009
MCPA	mg/L	0.002
Mecoprop	mg/L	0.01
Metolacloro	mg/L	0.01
Molinato	mg/L	0.006
Pendimetalina	mg/L	0.02
Simazina	mg/L	0.002
2,4,5- T	mg/L	0.009
Terbutilazina	mg/L	0.007
Trifluralina	mg/L	0.02
Cloropirifos	mg/L	0.03
Piriproxifeno	mg/L	0.3
Microcistin -LR	mg/L	0.001
Bromato	mg/L	0.01
Bromodiclorometano	mg/L	0.06

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS
INORGÁNICO Y ORGÁNICOS**

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
Bromoformo	mg/L	0.1
Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mg/L	0.01
Cloroformo	mg/L	0.2
Cloro de cianógeno	mg/L	0.07
Dibromoacetnitrilo	mg/L	0.07
Dibromoclorometano	mg/L	0.1
Dicloroacetato	mg/L	0.05
Dicloroacetnitrilo	mg/L	0.02
Formaldehído	mg/L	0.9
Monocloroacetato	mg/L	0.02
Tricloroacetato	mg/L	0.2
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0.2

Fuente: (Ley N° 28611 Ley General del Ambiente, 2011)

1. Estándares de calidad ambiental para el agua (ECA):

Es la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que están presentes en el agua, en

su condición de cuerpo receptor, que no representa algún riesgo significativo para la salud de las personas o al medio ambiente. (MINAM, 2005)

De acuerdo al D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, se consideran los siguientes estándares de calidad para el agua (tabla 7)

Tabla 7:

Estándares de calidad ambiental destinadas a la producción de agua potable

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL				
Categoría 1: Poblacional y recreacional				
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				
Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Fisicoquímico				
Aceites y grasas	mg/L	0.5	1.7	1.7
Cianuro Total	mg/L	0.07	**	**
Cianuro libre	mg/L	**	0.2	0.2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero	15	100 (a)	**
	Escala Pt/Co			
Conductividad	(μ S/cm)	1500	1600	**
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₆)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0.003	**	**
Fluoruros	mg/L	1.5	**	**
Fósforo total	mg/L	0.1	0.15	0.15
Materiales flotantes de origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO₃)⁻ (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO₂)⁻ (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco – N	mg/L	1.5	1.5	**
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥6	≥5	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	500	**

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
Inorgánicos				
Aluminio	mg/L	0.9	5	5
Antimonio	mg/L	0.02	0.02	**
Arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.15
Bario	mg/L	0.7	1	**
Berilio	mg/L	0.012	0.04	0.1
Boro	mg/L	2.4	2.4	2.4
Cadmio	mg/L	0.003	0.005	0.01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0.05	0.05	0.05
Hierro	mg/L	0.3	1	5
Manganeso	mg/L	0.4	0.4	0.5
Mercurio	mg/L	0.001	0.002	0.002
Molibdeno	mg/L	0.07	**	**
Níquel	mg/L	0.07	**	**
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.04	0.04	0.05

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Uranio	mg/L	0.02	0.02	0.02
Zinc	mg/L	3	5	5
Orgánico				
Hidrocarburos totales de petróleo (C8 – C40)	mg/L	0.01	0.2	1.0
Trihalometanos	(e)	1.0	1.0	1.0
Bromoformo	mg/L	0.1	**	**
Cloroformo	mg/L	0.3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0.1	**	**
Bromodiclorometano	mg/L	0.06	**	**
Compuestos orgánicos volátiles				
1,1,1- Tricloroetano	mg/L	0.2	0.2	**
1,1- Dicloroetano	mg/L	0.03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0.03	0.03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0.0006	0.0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0.04	**	**

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Tetracloruro de carbono	mg/L	0.004	0.004	**
Tricloroeteno	mg/L	0.07	0.07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0.01	0.01	**
Etilbenceno	mg/L	0.3	0.3	**
Tolueno	mg/L	0.7	0.7	**
Xilenos	mg/L	0.5	0.5	**
Hidrocarburos aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0.0007	0.0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.009	0.009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0.19	0.0001	**
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0.00003	0.00003	**
Clordano	mg/L	0.0002	0.0002	**
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0.001	0.001	**

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Endrin	mg/L	0.0006	0.0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0.00003	0.00003	**
Lindano	mg/L	0.002	0.002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0.01	0.01	**
Cianotoxinas				
Microcistina L-R	mg/L	0.001	0.001	**
Bifenilos policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0.00050	0.0005	**
Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100mL	50	**	**
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	20	2000	20000
Formas parasitarias	Nº Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100mL	0	**	**

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Vibrio cholerae	Presencia/100mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estados evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Fuente: (D.S N°004-2017-MINAM, 2017)

Notas:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos –N(NO₃⁻ -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de nitratos (NO₃⁻).

- En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos – N (NO_2^- N), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2^-).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica – 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el índice de calidad ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica - 2019

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el pH, la conductividad y turbiedad de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica – 2019.
- Determinar la concentración de los sólidos totales disueltos, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos y dureza total de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica – 2019.
- Determinar la concentración de los Coliformes totales y coliformes termotolerantes de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica – 2019.
- Comparar los resultados de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica, con los estándares de calidad ambiental – Categoría A1 con el decreto supremo D.S. N°004 – 2017 MINAM.

- Comparar los resultados de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica, con los límites máximos permisibles con el decreto supremo DS N° 031 – 2010 – SA.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- El índice de la calidad ambiental de agua destinada a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica en el año 2019 es malo.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Los valores del pH, la conductividad y turbiedad de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica superan los estándares de calidad ambiental establecidos en el D.S. N°004 – 2017. MINAM y los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031 – 2010 –SA.
- La concentración de los sólidos totales disueltos, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos y dureza total de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, superan los estándares de calidad ambiental establecidos en el D.S. N° 004 – 2017. MINAM y los límites máximos permisibles establecidos según el DS N° 031 – 2010 –SA
- La concentración de los Coliformes totales y coliformes termotolerantes de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica, superan los estándares de calidad ambiental establecidos en el DS N° 004 – 2017. MINAM y los límites máximos permisibles establecidos según el DS N° 031 – 2010 –SA
- Todos los resultados de las muestras de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguiña, Ica, superan

los estándares de calidad ambiental establecidos según el D.S N° 004 – 2017.
MINAM.

- Todos los resultados de las muestras de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de La Tinguña, Ica, superan los límites máximos permisibles con el decreto supremo D.S N° 031 – 2010 - SA.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

DESCRIPTIVO: Se recolectaron datos que describieron la situación tal y como es en todas sus dimensiones.

PROSPECTIVO: Es un estudio longitudinal en el tiempo que se diseña y comienza a realizarse en el presente, pero los datos se analizan transcurrido un determinado tiempo en el futuro.

2.2. Población y muestra

- **POBLACIÓN:** Aguas destinadas a consumo humano en el centro poblado de Chanchajalla, La Tinguña – ICA
- **MUESTRA:** Ocho muestras del pozo IRHS 23 GRIFO– del centro poblado de Chanchajalla, La Tinguña – Ica.
- **UBICACIÓN:** Entre las coordenadas 14° 1' 38'' latitud sur y 75° 43' 24'' longitud oeste, del Meridiano de Greenwich.



Figura 1. *Ubicación del pozo IRHS 23 grifo – Caserío Chanchajalla.*

- **MATERIALES:**

Tabla 8:

Materiales de campo y de laboratorio

MATERIAL DE CAMPO	MATERIAL DE LABORATORIO
Tablero y cuaderno de notas	Multiparámetro
Etiqueta para la identificación de los frascos	Medidor multiparámetro
Plumón indeleble	Colorímetro
Frascos de polietileno	Agitador magnético
Frascos de vidrio	Matraces volumétricos (250mL)
Guantes descartables	Bureta (25mL)
Cooler's (Uno para el análisis microbiológicos y otro para el análisis fisicoquímico)	Gotero
Papel secante	DR 900
laptop	Pipeta de 1 ml
calculadora	Turbidímetro
Cámara fotográfica	Tubos de muestra

- **MÉTODO:**

El presente proyecto de investigación está basado en la observación, medición y comparación de datos.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas de recolección de datos.

Las técnicas que se utilizaron en la recolección de datos en las muestras, se realizó bajo la R. J. N° 010-2016-ANA (Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales), desde:

- Reconocimiento del lugar a muestrear.
 - Rotulado y etiquetado: La cubierta del cooler se rotulará con una etiqueta indicando que es frágil y en la parte interna también se colocó el formulario detallado cuyos datos serán: Muestra: Agua subterránea, identificación de la muestra, procedencia, punto de muestreo, toma de muestra, forma de presentación, nombre del solicitante, responsable de la toma de muestra, fecha de recepción, fecha de inicio del ensayo, fecha de término del ensayo.
- La toma de muestras: Para la toma de muestras se prepararán dos envases (01 frasco de vidrio de 1000 mL y 01 frasco de plástico de 1000 mL (para cada fecha de muestreo). Posteriormente se realizará la toma de muestra del pozo del grifo de descarga la cual se limpiará con un desinfectante (en este caso alcohol) y se dejará fluir el agua por 15 minutos para el muestreo adecuado.
- Preservación de muestras: Los envases serán conservados en cadena de frío, debidamente esterilizados para cada muestra.
- Medición de los parámetros de campo.
- Almacenamiento, conservación y transporte de muestras: Los frascos se transportarán en un cooler de plástico con refrigerantes que permitirá que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración

Tabla 9:

Profundidad del pozo muestreado

POZO	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD
IRHS 23 GRIFO	14° 1' 38''	75° 43' 24''	47m

Fuente: (Levano, 2019)

- Luego de que se recolecte las muestras en cada semana (durante un mes) se pasará a analizar las muestras en el laboratorio de Química de la Universidad Privada del Norte para realizar los análisis de los parámetros de nitritos, nitratos, pH, dureza, Turbiedad, sulfato, Conductividad y sólidos totales disueltos (Se tomaron estos parámetros porque son de control obligatorio para la determinación de calidad del agua. (ambiental, 2011)
- Los análisis de los parámetros de pH, conductividad se analizarán insitu y los parámetros de nitritos, nitratos, sulfatos, dureza, cloruros y turbiedad fueron analizados personalmente en el laboratorio de química de la Universidad Privada del Norte.
- Una vez obtenido los resultados se hizo la comparación con los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental para determinar si son aptos para el consumo de los pobladores.

Técnicas de análisis de datos.

Para el análisis de datos del presente proyecto de tesis se utilizó el programa Excel. Se creó una base de datos en donde se ingresaron los resultados de los análisis microbiológicos de las muestras de agua reportados por el laboratorio “Bioslab”, así como también de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo, y en el laboratorio de química de la Universidad Privada del Norte, para posteriormente realizar la interpretación de resultados, la respectiva comparación con los Estándares de Calidad

Ambiental, los límites máximos permisibles y el cálculo del Índice de Calidad de Agua.

2.4. Procedimiento

El presente proyecto de tesis se basó en la aplicación de tres instrumentos de gestión ambiental:

i. Primero:

Se aplicó el “PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA” para:

1. Selección de parámetros:

PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO – CATEGORÍA 1	PARÁMETROS DETERMINARON EN EL LABORATORIO	QUE EN	SE EL
pH, Conductividad, TDS.	Turbiedad, Cloruro, Sulfato, Nitrito, Dureza.	Nitrato,	

Selección de puntos de monitoreo: Las cuatro muestras se recogerán del mismo punto, ya que es la única fuente de captación de agua que tiene el centro poblado de Chanchajalla para consumo y riego.

2. Frecuencia del monitoreo: Los cuatro monitoreos se realizaron a inicio y a fines de semana, ya que el agua solo se libera en esas fechas, y debido a que no hay variación en el cambio de clima (como temporada seca y lluviosa), es que se decidió hacer los monitoreos con mayor frecuencia. Adicionalmente en el repositorio “PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA” recomiendan hacer los monitoreos inicialmente con mayor frecuencia para identificar todas las variables y realizar un

pronóstico más exacto de las variaciones, para posteriormente el autor decida si aumentar o disminuir las frecuencias de acuerdo a los resultados. (ANA, 2010)

3. Metodología de muestreo

- a. Preservación de las muestras de agua: Una vez tomada la muestra de agua, se procedió a cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad se encintó la tapa para evitar cualquier derrame del líquido.
- b. Identificación de las muestras de agua: Los frascos estuvieron debidamente rotulados antes de la toma de muestras con una etiqueta, la cual fue protegida con cinta adhesiva transparente con la siguiente información:
 - Número de la muestra.
 - Código del pozo.
 - Origen del agua
 - Fecha y hora de la toma de muestra.
 - Nombre del responsable del muestreo.
- c. Conservación y envío de las muestras de agua: Las muestras se conservaron en un cooler que estuvo en una cadena de frío por ice packs. Las muestras microbiológicas se entregaron al laboratorio Bioslab dentro de las siguientes 2 hrs (Debido a la distancia del laboratorio con el centro poblado) y las muestras fisicoquímicas se enviaron mediante la empresa de transportes FLORES HERMANOS S.A.C. de Ica a Cajamarca, para su posterior análisis en el laboratorio de química de la Universidad Privada del Norte.

ii. Segundo:

Se aplicó el D. S. N° 004-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”:

Posteriormente, con el reporte de los resultados de laboratorio y el registro de los datos medidos en campo, se procedió con la creación de la base de datos (en Microsoft Excel), revisión y procesamiento de resultados (comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental – agua categoría 1, subcategoría A).

iii. Tercero:

Se aplicó la “Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua poblacional y recreacional”.

Con la base de datos creado en la hoja de cálculo de Microsoft Excel, se procedió con el cálculo del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, para ello en la misma hoja de cálculo se introdujo las fórmulas para la obtención de los factores (F1, F2 y F3) y asimismo la ecuación para la obtención del valor del ICA-PE.

Luego, con el valor del ICA-PE obtenido se procedió con su respectiva interpretación de acuerdo a la Tabla 1, para finalmente elaborar el informe correspondiente.

Los siguientes parámetros fueron analizados en el Laboratorio de Química de la Universidad Privada del Norte (tabla 10):

Tabla 10:

Parámetros analizados en el Laboratorio de Química de la Universidad Privada del Norte

Parámetros fisicoquímicos	Turbiedad
	pH
	Sólidos totales disueltos (TDS)
	Cloruros
	Sulfato
	Nitrato
	Nítrito
	Conductividad
	Dureza

Bacterias coliformes totales

Parámetros Microbiológicos

Bacterias coliformes termotolerantes

Para la elaboración propia de los análisis de los parámetros que a continuación se mencionarán, se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos (Tabla 11):

Tabla 11:

Equipos utilizados para análisis

Equipos de laboratorio	Especificaciones de laboratorio
-------------------------------	--

Turbidímetro portable	Marca y modelo: HACH 2100Q
------------------------------	-----------------------------------

Especificaciones: Facilidad de uso y una precisión insuperables en la medición de la turbidez. Cuenta con calibración asistida y la transferencia de datos simplificada, y la innovación en la medición, que le proporcionan resultados precisos en todo momento.

Matraz de aforo	Especificaciones: Un matraz aforado o matraz de aforo es un recipiente de vidrio de fondo plano, posee un cuello alargado y estrecho, con un aforo que marca dónde se debe efectuar el enrase, el cual nos indica un volumen con gran exactitud y precisión.
------------------------	---

Especificaciones: Un matraz aforado o matraz de aforo es un recipiente de vidrio de fondo plano, posee un cuello alargado y estrecho, con un aforo que marca dónde se debe efectuar el enrase, el cual nos indica un volumen con gran exactitud y precisión.

Equipos de laboratorio Especificaciones de laboratorio

Bureta Schilling de cero automático, plástico **Especificaciones:** Buretas Schilling ajustadas para vertido "Ex" y cero automático, con llave de paso de precisión para adición gota a gota. La botella de plástico flexible permite un llenado rápido.

Pipeta **Especificaciones:** La pipeta es un instrumento volumétrico de laboratorio que permite medir la alícuota de un líquido con mucha precisión. Suelen ser de vidrio y está formada por un tubo transparente que termina en una de sus puntas de forma cónica, y tiene una graduación con la que se indican distintos volúmenes.

Sobre de reactivos (NITRATO) **Marca y modelo:** HACH NITRAVER 5
Especificaciones: Para la determinación de nitrato en rango alto mediante el método de reducción con cadmio NitraVer 5. Rango: hasta 50 mg/L como nitrato-N. Tamaño de la muestra: 5 mL. Paquete de 50 sobres de reactivo en polvo.

Sobre de reactivos (SULFATO) **Marca y modelo:** HACH SULFA VER 4
Especificaciones: Reactivo en polvo en paquetes sellados para la determinación de sulfato mediante el método turbidimétrico SulfaVer. Para muestra de 10 mL; paquete de 100.

Equipos de laboratorio Especificaciones de laboratorio

automáticamente el parámetro de prueba, el historial de calibración y el método.

A. PARA ANÁLISIS DE CLORURO:

El presente análisis se realizará mediante el método argentométrico, que consta en:

▪ Instrumentos:

- Bureta Schilling.
- Matraces volumétricos de 250 mL
- Agitador magnético.
- Gotero.

▪ Reactivos:

- Dicromato de potasio (K_2CrO_4)
- Nitrato de plata ($AgNO_3$) de 0.01N

▪ Procedimiento:

- Se midió 100 mL de muestra en el matraz.
- Seguidamente se añadió 5 gotas de dicromato potásico en la muestra.
- Se introdujo el nitrato de plata a la bureta de 25 mL.
- Se añade gota a gota el nitrato de plata a la solución hasta que este logra cambiar de color a naranja oscuro.
- Finalmente cuando se obtiene el color deseado se pasa a medir el volumen de $AgNO_3$ que se gastó.

- Una vez que se determina los cloruros presentes en cada muestra se empleará la siguiente fórmula:

Ecuación 8: Determinación de cloruro

$$\frac{mgcl^{-}}{L} = \frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times 35.453}{Vmuestra(L)}$$

Donde:

N = Concentración

V = Volumen

(APHA, AWWA, WPCF, 2017)

B. PARA ANÁLISIS DE NITRITOS:

El presente análisis para nitritos se hizo mediante el método diazotización, que consta en:

- Instrumentos: 263
 - Colorímetro HACH DR900
- Reactivos:
 - HACH NitriVer nitrito
- Procedimiento:
 - Se ingresa el número del programa almacenado para nitrógeno nitrito (NO₂-N). Seguidamente se presiona PRGM y la pantalla muestra la siguiente opción PRGM?
 - Se presionó 60 ENTER y la pantalla mostró mg/L NO₂-N y el ícono ZERO.
 - Después se llena una celda con 10 mL de muestra.
 - Se agrega el contenido de una almohadilla del reactivo NitriVer 3, se tapa la celda y se agita para que se logre disolver.
 - Se presiona TEMPORIZADOR y en un periodo de reacción de 1 minuto comenzará. Posteriormente se agita la celda vigorosamente hasta que el temporizador logra emitir un pitido.

- Después de que el temporizador emite el pitido, la pantalla muestra 5:00 y temporizador 2, se presiona ENTER y en un periodo de reacción de 5 minutos comenzará.
- Se coloca el blanco en el soporte de las celdas y se cubre firmemente con la tapa del instrumento.
- Cuando el temporizador emite el pitido se pulsó ZERO y el cursor se movió hacia la derecha, entonces la pantalla mostró 0.000 mg/L NO₂⁻ -N
- Se coloca el blanco en el soporte de las celdas y se cubrió firmemente con la tapa del instrumento.
- Se presionó la opción de LEER y el cursor se movió a la derecha, luego el resultado en mg/L nitrito nitrógeno se mostró.

(HACH COMPANY, 2013)

C. PARA ANÁLISIS DE NITRATOS:

El presente análisis de nitratos se realizó utilizando el método de reducción de cadmio, que consta en:

- Instrumentos:
 - DR900
- Reactivos:
 - NitraVer 5
- Procedimiento:
 - Se ingresó el número de programa almacenado para nitrógeno de nitrato de alto rango (NO₃—N). Luego se presionó PRGM, donde la pantalla mostró PRGM?

- Se presionó 51 ENTER y la pantalla mostró mg/L, NO_3^- -N y el ícono ZERO.
- Se llenó una celda con 10 mL de muestra.
- Se añadió el contenido de una almohadilla de reactivo de nitrato NitraVer 5 en la celda de muestra (la muestra preparada) y luego se tapó la celda de muestra.
- Se presionó TEMPORIZADOR y comenzó un periodo de reacción de un minuto. Luego se agitó la muestra vigorosamente hasta que el temporizador sonó.
- Después de que la alarma suene el monitor mostró 5:00 TIMER 2 y el periodo de reacción de 5 minutos comenzó.
- Se llenó otra celda con 10 mL de muestra (el blanco) sin que tenga huellas o líquido.
- Se introdujo el blanco dentro del porta celdas y se cerró herméticamente con la tapa del instrumento.
- Cuando la alarma suene se presionó ZERO. El cursor se movió a la derecha y luego el monitor mostró: 0.0 mg/L NO_3^- -N.
- Luego se colocó la muestra preparada dentro del porta celdas y se tapó herméticamente.
- Se presionó LEER y el cursor se movió hacia la derecha, luego el resultado en mg/L NO_3^- -N se mostró.

(HACH COMPANY, 2013)

D. PARA ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD:

El presente análisis de conductividad se realizó in situ y consta en:

- Instrumentos:

- Multiparámetro
 - Procedimiento:
 - Se recogió un poco de muestra en el contenedor del multiparámetro.
 - Se colocó el electrodo del multiparámetro en la muestra y se seleccionó la opción de conductividad.

(APHA, AWWA, WPCF, 2017)

E. PARA ANÁLISIS DE DUREZA TOTAL:

El presente análisis de dureza total se hizo mediante el método titulométrico de EDTA, que consta en:

- Instrumentos:
 - Agitador magnético
 - Matraces volumétricos de 250 mL
 - Bureta de 25 mL
 - Gotero
 - Pipeta de 1 mL
- Reactivos:
 - Indicadores: Negro de eritocromo
 - Titulante EDTA estándar, 0.01 M
 - Buffer pH 10
- Procedimiento:
 - Se midió 100 mL de muestra en el matraz.
 - Se añadió 1 mL de buffer pH y una pizca de negro de eritocromo a la muestra.
 - Se introdujo el EDTA a la bureta de 25 mL.

- Se añadió gota a gota el titulante EDTA a la solución hasta que haya cambiado a color azul cristalino.
- Una vez que se obtuvo el color deseado se midió el volumen de EDTA gastado.
- Para determinar la dureza de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 9:

Determinación de la dureza

$$\frac{mgCaCo_3}{L} = \frac{V_{EDTA} * factor}{Vmuestra (L)}$$

- Donde:
 - V = Volumen
 - Factor = $\frac{10mgCaCo_3}{V_{EDTA}}$

Para determinar el factor se pesó 10 mg de CaCO₃ y se lo introdujo a un matraz con 50 mL de agua destilada más 1 mL de buffer y una pizca de negro de eritocromo. Luego se dejó caer gota a gota el titulante EDTA hasta que se obtuvo un color azul. Una vez que cambió el color, se midió el volumen de EDTA gastado. (APHA, AWWA, WPCF, 2017)

F. PARA ANÁLISIS DE SULFATOS:

El presente análisis de sulfatos se realizó utilizando el método SulfaVer 4, que consta en:

- Instrumentos:
 - DR 900
- Reactivos:

- SulfaVer 4
- Procedimiento:
 - Se ingresó el número de programa almacenado para sulfato (SO_4), se presionó PRGM y la pantalla mostró PRGM?
 - Se presionó 91 ENTER o el número de programa seleccionado por el usuario para su calibración. La pantalla mostró mg/L SO_4 y el ícono ZERO.
 - Se llenó una celda limpia con 10 mL de muestra.
 - Se añadió el contenido de una almohadilla de polvo de reactivo de SulfaVer 4 a la muestra, luego se tapó y se agitó la muestra.
Nota: Una turbiedad blanca se desarrolló de sulfato.
 - Se presionó el contador del tiempo y un periodo de 5 minutos comenzó.
 - Después de las señales sonoras del tiempo, se llenó una segunda celda con 10 mL de muestra (el blanco).
 - Se colocó el blanco dentro del porta celdas y se cerró con la tapa del instrumento.
 - Se presionó ZERO y el cursor se movió hacia la derecha, entonces la pantalla mostró: 0.mg/L SO_4 .
 - Dentro de los cinco minutos después de que suene el tiempo, se colocó la muestra preparada en el soporte de la celda. Se cubrió firmemente la celda de la muestra con la tapa del instrumento.
 - Se presionó LEER y el cursor se movió a la derecha, entonces el resultado en mg/L sulfato (SO_4), se mostró. (HACH COMPANY, 2013)

G. PARA ANÁLISIS DE pH:

El presente análisis de pH se hizo in situ y consta en:

- Instrumentos:
 - Multiparámetro
- Procedimiento:
 - Se recogió un poco de muestra en el contenedor del multiparámetro.
 - Se colocó el electrodo del multiparámetro en la muestra y se seleccionó la opción de conductividad (APHA, AWWA, WPCF, 2017).

H. PARA ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)

El presente análisis de sólidos totales disueltos (TDS) se hizo in situ y consta en:

- Instrumentos:
 - Multiparámetro
- Procedimiento:
 - Se recogió un poco de muestra en el contenedor del multiparámetro.
 - Se colocó el electrodo del multiparámetro en la muestra y se seleccionó la opción de conductividad.(APHA, AWWA, WPCF, 2017).

I. PARA ANÁLISIS DE TURBIEDAD:

Conservación de la muestra: Se determinará la turbidez el mismo en que se toma la muestra, en caso contrario no suceda, se dejará almacenado en un ambiente oscura por un periodo no más a 24 horas.

El presente análisis se hará mediante el método nefelométrico, que consta en:

- Instrumentos:
 - Turbidímetro.
 - Tubos de muestra.
- Reactivos:
 - Agua libre de turbidez.
- Procedimiento:
 - Se calibró el turbidímetro siguiendo las instrucciones del fabricante.
 - Se introdujo el tubo de muestra con la muestra tomada y se hizo la lectura de la turbiedad.(APHA, AWWA,WPCF, 2017)

CAPÍTULO III. RESULTADO

Tabla 12:

Resultados de las muestras fisicoquímicas y microbiológicas del pozo IRHS 23 grifo.

Parámetros	Unidad	02/08/19	05/08/19	09/08/19	12/08/19	LMP	ECA – A1
Parámetros fisicoquímicos							
Turbiedad	UNT	0.44	0.51	0.83	0.68	5	5
pH		7.05	7.17	7.05	6.98	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	316	460	479	470	1000	1000
Cloruros	mgcl/L	8.509	12.05	13.47	9.57	250	250
Sulfato	mg/L	400	550	470	210	250	250
Nitrato	mg/L	3.5	5.9	0.04	0.01	50	50
Nitrito	mg/L	3	19	4	0.005	3.00 0.20	3
Conductividad	μS/cm	444	647	374	658	1500	1500
Dureza	mg/L	366	375	378	371	500	500
Parámetros microbiológicos							
Bacterias coliformes totales	NMP/100mL	23	170	33	38	0	50
Bacterias coliformes termotolerantes	NMP/100mL	23	79	33	29	0	20

Tabla 13:

Comparación de los parámetros evaluados en el año 2019 del pozo IRHS 23 grifo con el ECA – Categoría 1.

Parámetros	Unidad	02/08/19	05/08/19	09/08/19	12/08/19	ECA - A1
Parámetros fisicoquímicos						
Turbiedad	UNT	0.44	0.51	0.83	0.68	5
pH		7.05	7.17	7.05	6.98	6.5 - 8.5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	316	460	479	470	1000
Cloruros	mgcl/L	8.509	12.05	13.47	9.57	250
Sulfato	mg/L	400	550	470	210	250
Nitrato	mg/L	3.5	5.9	0.04	0.01	50
Nitrito	mg/L	3	19	4	0.005	3
Conductividad	μS/cm	444	647	374	658	1500
Dureza	mg/L	366	375	378	371	500
Parámetros microbiológicos						
Bacterias coliformes totales	NMP/100mL	23	170	33	38	50
Bacterias coliformes termotolerantes	NMP/100mL	23	79	33	29	20
Número de parámetros que no cumplen	4					
Número total de parámetros a evaluar	11					
Número de datos que no cumplen el ECA	10					
Número total de datos	44					

Tabla 14:

Cálculo de excedentes, factores y valor del Índice de Calidad Ambiental – Perú, año 2019.

PUNTO DE MONITOREO		POZO IRHS 23 - GRIFO						
F1		0.33		2/08/2019	5/08/2019	9/08/2019	12/08/2019	
F2		0.08						
CÁLCULO DE LOS FACTORES DEL ICA-PE EXCEDENTES DE CADA PARÁMETRO EN CADA MONITOREO	Turbiedad	UNT	5	5				
	pH		6.5	8.5				
	Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	1000				
	Cloruros	mgcl/L	250	250				
	Sulfato	mg/L	250	250	400	550	470	
	Nitrato	mg/L	50	50				
	Nitrito	mg/L	Δ3	3		19	4	
	Conductividad	μS/cm	1500	1500				
	Dureza	mg/L	500	500				
	Bac. Colif. totales	NMP/100mL	0	50		170		
	Bac. Colif. Termotolerantes	NMP/100mL	0	20	23	79	33	29
	Sumatoria de los excedentes				3.52			
	F3				200			
ICA - PE				33.33				
MALA								

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

Comparación de las concentraciones de turbiedad de la muestra N°1 con los límites máximos permisibles del índice de calidad ambiental:

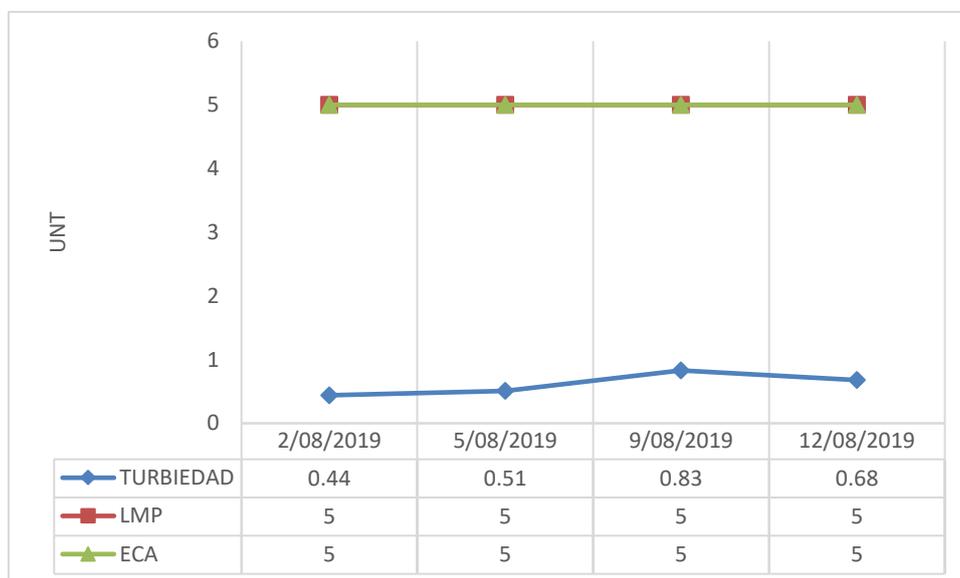


Figura 2: Concentración de turbiedad

Como se observa en la Figura 2, la concentración de turbiedad tuvo un incremento en la tercera campaña de muestreo con un valor máximo de 0.83 UNT, un valor mínimo en la primera muestra de 0.44 UNT y un promedio de 0.615 UNT. Ningún resultado es mayor a los establecidos por los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, ni por los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA.

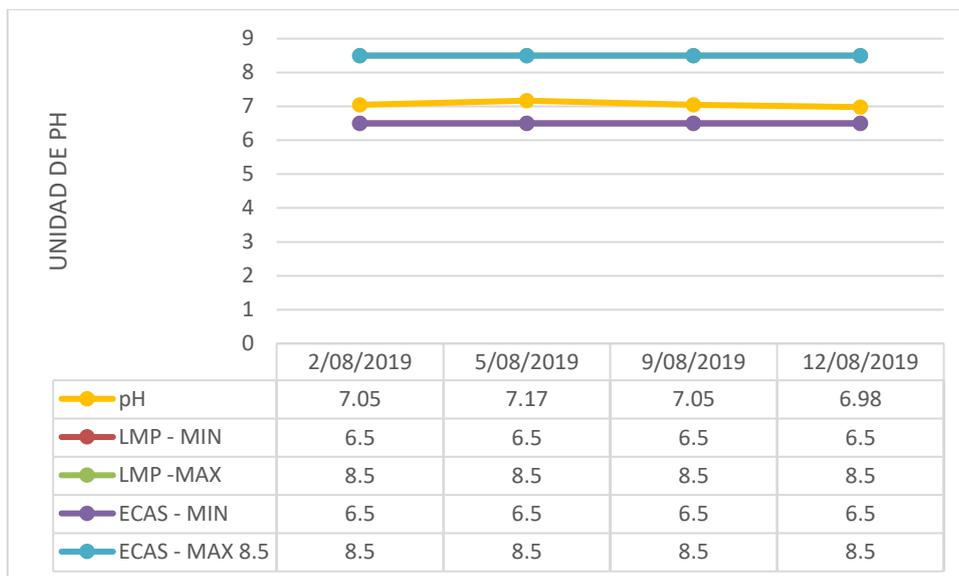


Figura 3: Potencial de hidrógeno

El pH, que se muestra en la figura 3, se aprecia que el valor máximo fue el día 5/08/19 con un valor de 7.17, el valor mínimo fue el día 12/08/19 con un valor de 6.98 y en total un promedio de 7.06, encontrándose dentro de los rangos 6.5 y 8.5 establecidos en los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM y de los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 - SA.

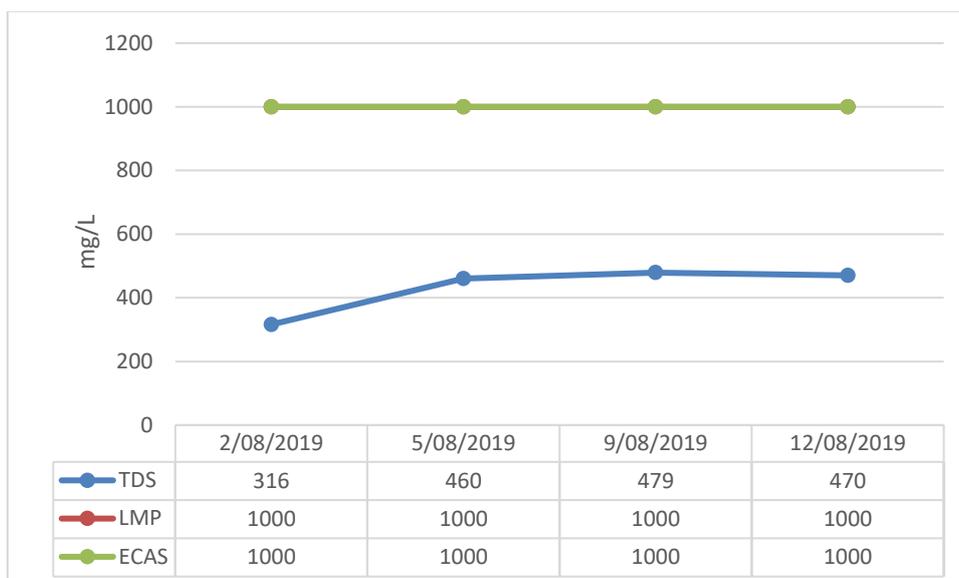


Figura 4: Sólidos disueltos totales

Como se aprecia en la Figura 4, el valor máximo de sólidos totales disueltos se encuentra en la muestra 3 de la fecha 9/08/19 con un valor de 479 mg/L; así como el valor mínimo fue de 316 mg/L en la primera muestra del 2/08/19, y finalmente se obtuvo un promedio de 431.25 mg/L. Concluyéndose que ningún resultado es mayor a los establecidos por los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, ni por los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA. La clasificación del agua según el nivel de TDS que presenta se determina haciendo uso de la tabla establecida por la OMS (tabla 3), la cual clasifica el agua en valores menores a 300 como excelente y mayores a 1200 como inaceptable se observa que los resultados de sólidos totales disueltos obtenidos en las muestras 1, 2, 3 y 4 fueron de 316, 460, 479 y 470 mg/L respectivamente, todos los resultados reflejan que el agua es de buena calidad, ya que los valores se encuentran entre 300 y 600 mg/L que es el valor establecido por la OMS.

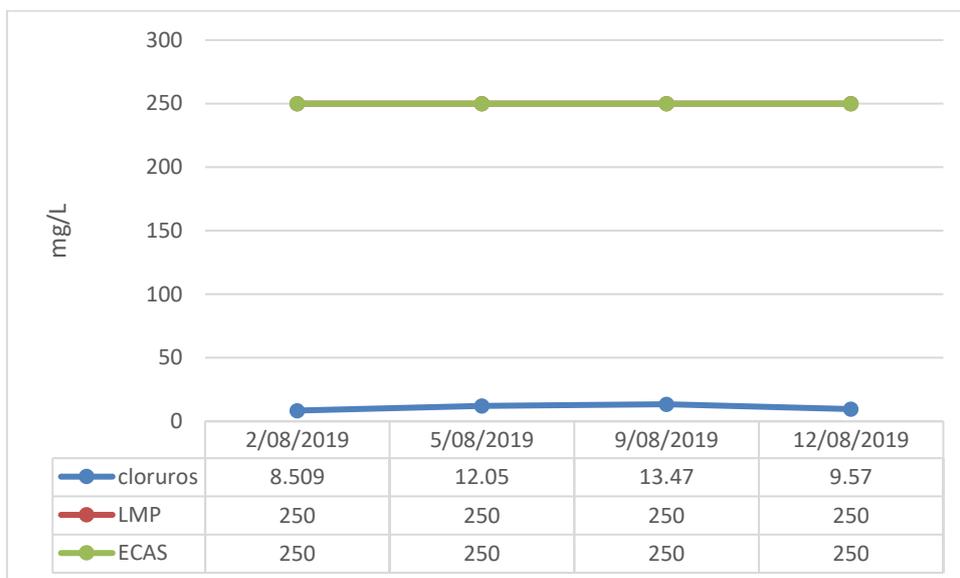


Figura 5: Concentración de cloruro

Según la figura 5, los cloruros analizados en el agua tienden a tener un resultado casi lineal, con un valor máximo de 13.47 mg/L en la muestra 3 del 9/08/19 y un valor mínimo de 1.51 mg/L, con un promedio de 10.89 mg/L. Por lo tanto ningún resultado es mayor a los establecidos por los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, ni por los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA. Los cuales establecen un valor máximo de 250 mg/L.

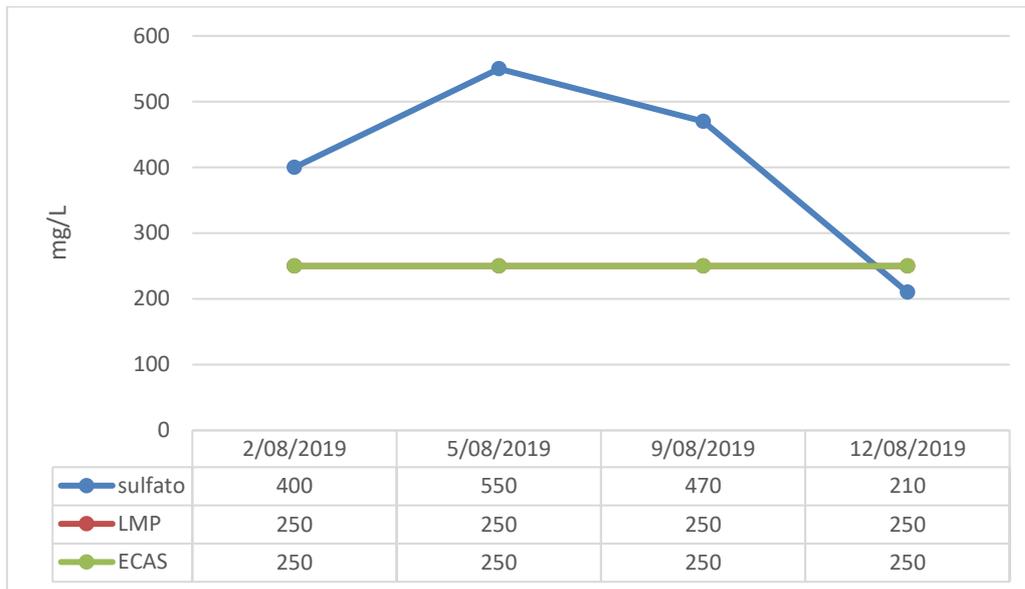


Figura 6: Concentración de sulfato

Según la Figura 6, se muestra un valor máximo de 550 mg/L en la muestra 2 y un valor mínimo en la muestra 4 con un valor de 210 mg/L, obteniendo un promedio de 407.5 mg/L. Los resultados obtenidos en la muestra 1, 2 y 3 superan los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N°004 – 2017 – MINAM y los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N°031 – 2010 – SA, los cuales establecen un valor de 250 mg/L.

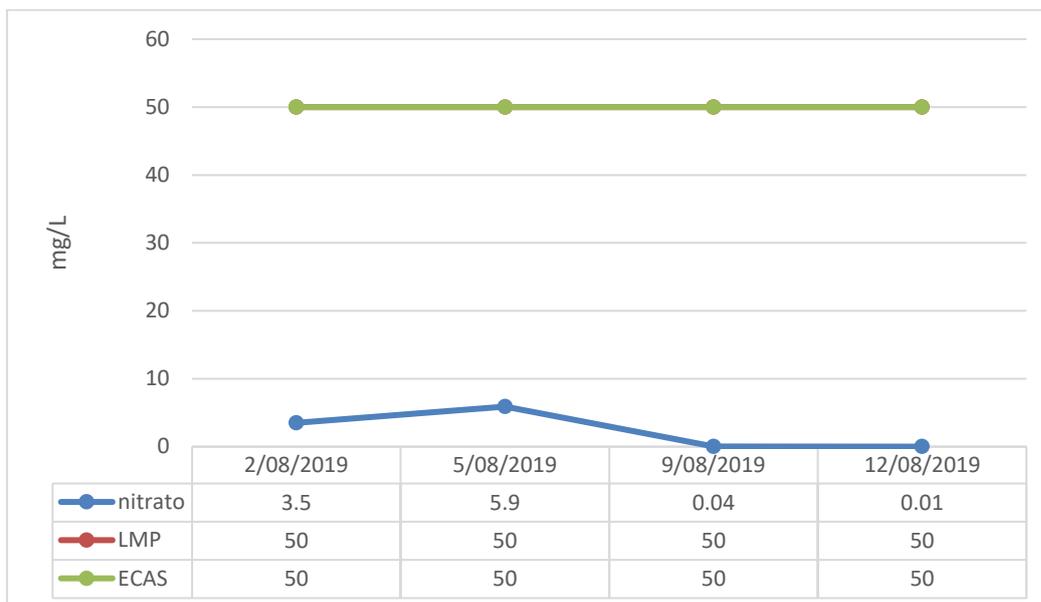


Figura 7: Concentración de nitratos

Como se observa en la figura 7, el valor máximo es de la muestra 2 con un valor de 5.9 mg/L y el valor mínimo está en la muestra 4 con un valor de 0.01 mg/L y en total encontramos un promedio de 2.36 mg/L. Ninguno de los resultados es mayor a los establecidos por los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, ni por los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA. Los cuales establecen un valor máximo de 50 mg/L.

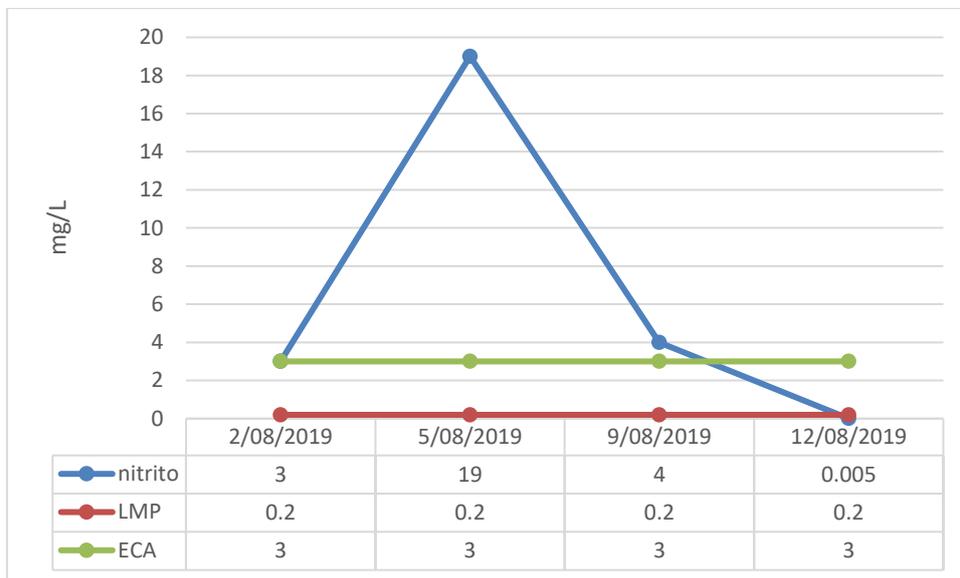


Figura 8: Concentración de nitritos

En la concentración de nitritos, como se muestra en la Figura 8, el valor máximo se encuentra en la muestra 2 del 05/08/19 con un valor de 19 mg/L, y el valor mínimo se encontró en la muestra 4 con un valor de 0.005 mg/L, teniéndose finalmente un promedio de 6.50 mg/L. Sólo en la muestra 1 y 4 no supera los límites máximos permisibles con un resultado de 3 y 0.005 mg/L respectivamente, mientras que en la muestra 2 y 4 hay un exceso de concentración con un valor de 19 mg/L y 4 mg/L, superando así los establecidos por los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM y los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA, los cuales establecen un valor de 0.2 en exposición larga y 3.00 para exposición corta.

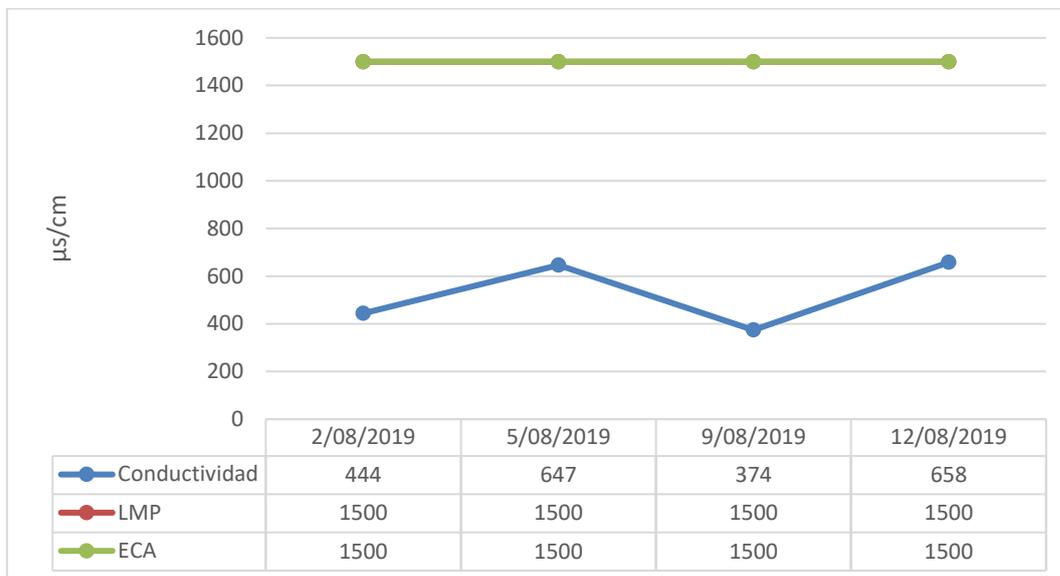


Figura 9: Conductividad

En la figura 9, el valor máximo de conductividad del agua fue de 658 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la muestra 4 y el valor mínimo fue de 374 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la muestra 3, obteniendo un promedio total de 530.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los resultados obtenidos son menores a los valores establecidos por los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, y por los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA, los cuales establecen un valor de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad.

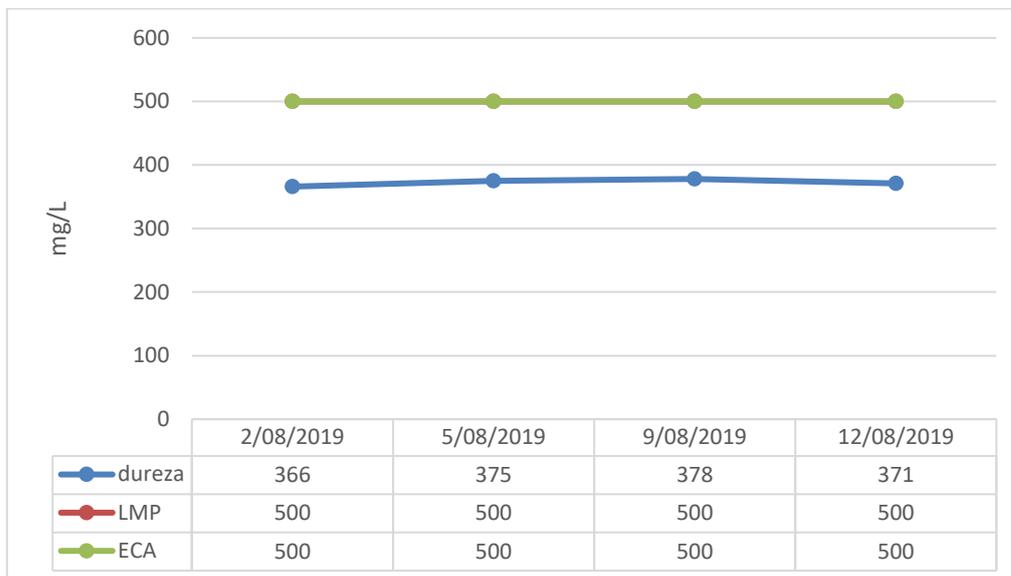


Figura 10: Dureza

En cuanto a la dureza del agua, como se muestra en la figura 10, se puede observar un valor máximo de 378 mg/L en la muestra 3 del 9/08/19, y un valor mínimo de 366 mg/L en la primera muestra del 02/08/19, teniendo un promedio total de 372.5 mg/L. Los resultados se encuentran por debajo de los establecidos por los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM, y por los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA., el cual establece un valor de 500 mg/L. La clasificación del agua según la dureza que presenta se determina haciendo uso de la tabla establecida por la OMS (tabla 2), la cual establece valores entre 0 a 60 para aguas blandas y mayor a 180 para aguas muy duras. Se observa que los resultados de dureza obtenidos en las muestras 1, 2, 3 y 4 fueron de 366, 375, 378 y 371 respectivamente, todos los resultados reflejan que el agua es de clasificación muy dura, ya que los valores son mayores a 180 mg/L que es el valor establecido por la OMS.

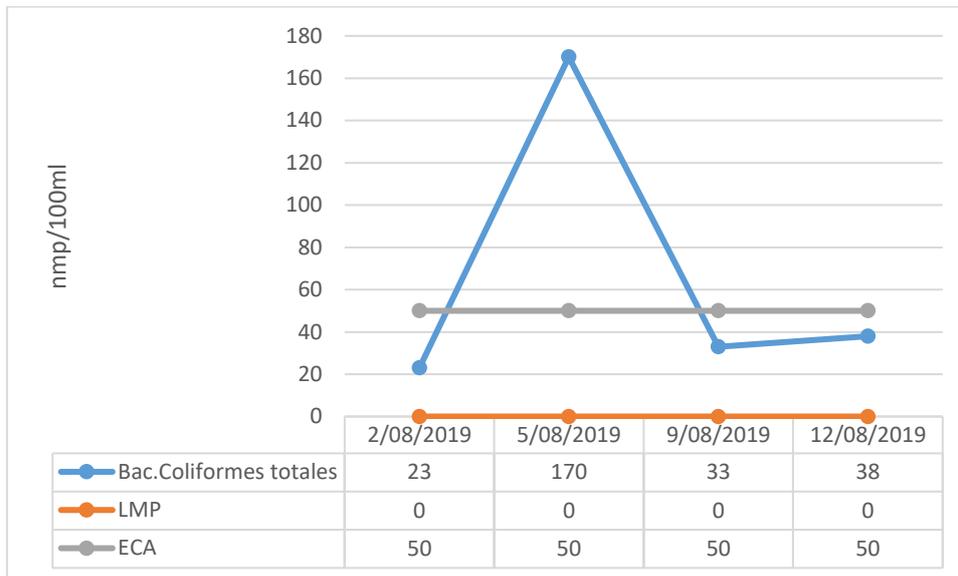


Figura 11: Concentración de bacterias coliformes totales

En la figura 11, se puede apreciar que el valor máximo está en la segunda muestra con un valor de 170 NMP/100mL, y un valor mínimo de 23 NMP/100mL en la primera muestra, con un promedio total de 66 NMP/100mL. La segunda muestra con fecha del 5/08/19 sobrepasa los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental, los cuales establecen un valor de 0 NMP/100 mL y 50 NMP/100mL, respectivamente.

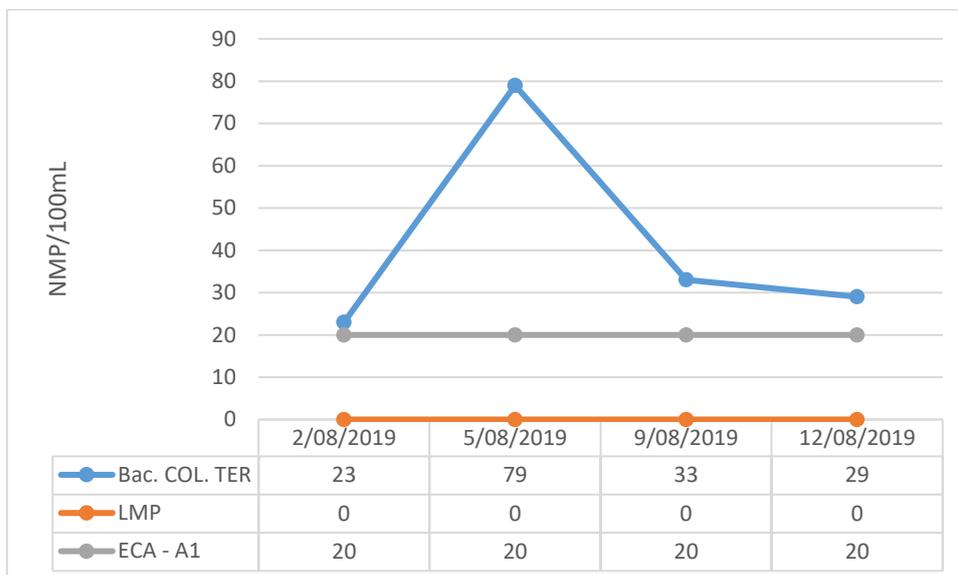


Figura 12: Concentración de bacterias coliformes termotolerantes.

En la figura 12, se aprecia que el valor máximo de bacterias coliformes termotolerantes estuvieron en la muestra número 2 del 5/08/19 con un valor de 79 NMP/100mL, el valor mínimo fue de 23 NMP/100mL en la primera muestra, y el promedio total fue de 41 NMP/100 mL. Finalmente podemos concluir que todos los valores sobrepasan los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental para agua de consumo humano, el cual establece un valor máximo de 0 NMP/100 mL y 20 NMP/100 mL, respectivamente.

Del Cálculo del Índice de Calidad de Agua ICA-PE

Para calcular el índice de calidad ambiental se hizo uso de las fórmulas canadienses (CCME_WQI) que comprende 3 factores (F1, F2 y F3), debido a que el ICA-PE se basa en estas fórmulas con algunas modificaciones, para ello se usó principalmente la Data creada en Excel con los resultados de monitoreo de las cuatro muestras de agua consecutivas, por lo tanto el cálculo del ICA-PE, se realizó de la siguiente manera:

En primer lugar se encontró el valor de los 3 factores, F1 se encontró dividiendo la cantidad de parámetros que no cumplen el ECA entre el total de parámetros evaluados y multiplicado por 100 (ecuación 1), F2 se encontró dividiendo número de resultados que no cumplen el ECA entre el total de resultados y multiplicado por 100 (ecuación 2) y F3 se encontró dividiendo la suma normalizada de excedentes (nse) entre la misma más 1, y multiplicado por 100 (ecuación 3), donde la suma normalizada de excedentes se encontró sumando todos los excedentes dividido entre el total de datos evaluados (ecuación 4), el cálculo de los excedentes se basa en los datos que no cumplieron el ECA, para ello se da dos casos, el primero se da cuando el dato del parámetro evaluado supera el ECA, el excedente se encontró dividiendo el valor del parámetro que no cumple el ECA entre el valor del parámetro establecido en el ECA, a la vez al resultado restándole 1 (ecuación 5) y el segundo caso cuando el dato del parámetro evaluado está por debajo de lo recomendado, el excedente se encontró dividiendo el valor del parámetro establecido en el ECA entre el valor del parámetro que no cumple el ECA, también restándole 1 al resultado (ecuación 6), finalmente el ICA-PE se calculó restando 100 menos la raíz cuadrada del promedio

de cuadrados de F1, F2 y F3 (ecuación 7). El cálculo del ICA-PE se realizó en la misma data creada en Excel.

a. Índice de Calidad de Agua del pozo IRHS 23 GRIFO

En la Figura 13 observamos que cuatro parámetros no cumplen y el total de parámetros evaluados son 12, de tal manera que aplicando la ecuación 1 obtuvimos el valor de $F1=33.33$; asimismo observamos que son 10 datos que no cumplen, y son un total de 48 datos registrados, que al aplicar la ecuación 2 el valor de $F2=8.33$; Para F3 primero se calculó los excedentes, tomando en cuenta los valores del sulfato, nitrito, bacterias coliformes totales y bacterias coliformes termotolerantes, aquí se aplicó el caso dos, ya que están fuera de los rangos establecidos en el ECA, en donde para el primer excedente, el valor del sulfato de la muestra 1, 2 y 3 que no cumple son de 400, 550 y 470 respectivamente y el valor establecido en el ECA es 250, entonces al aplicar la ecuación 6 el primer excedente tiene un valor de 0.6, 1.2 y 0.88 respectivamente, y así sucesivamente se calculó todos los excedentes para todos los datos que no cumplen, una vez obtenido todos los excedentes se halló la nse aplicando la ecuación 4, obteniendo que la $nse=0.45$ para sulfatos, $nse=1.42$ para nitritos, $nse=1.05$ para bacterias termotolerantes y $nse=0.6$ para bacterias totales, luego de ello se procedió a calcular F3 aplicando la ecuación 3, obteniendo que $F3=200$ Con los valores de F1, F2 y F3 se calculó el ICA-PE aplicando la ecuación 7, obteniendo un resultado de 33.33 (dichos resultados se puede observar en la Figura 13), lo cual según la tabla del Índice de Calidad de Agua nos muestra que su calidad es mala, interpretándose que la calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad,

casi siempre encontrándose dañada o amenazada. Todos sus usos necesitan previo tratamiento.

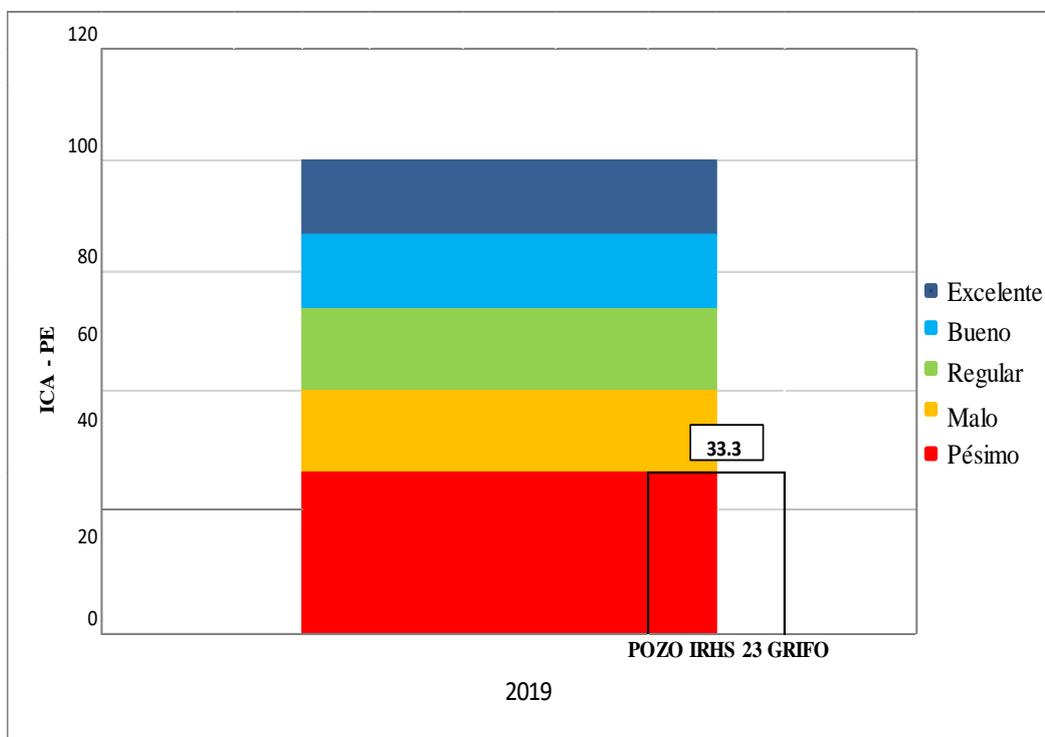


Figura 13: Índice de calidad de agua del pozo IRHS 23 grifo.

Tabla 15: Comparación de los promedios de los parámetros analizados con los antecedentes internacionales y nacionales

Parámetros	Unidad	LMP	ECA – A1	Promedio de los resultados	Antecedentes internacionales						Antecedentes nacionales		
					(Márquez, 2012) La paz y San diego (Colombia)	(Quintero, 2009) Venados y Caracolí – Cesar (Colombia)	(Robles, 2013) Tepalcingo – Axochiapan (México)	(Magdalena, 2008) El colorado, El Pumpuapa (México)	(Moreno, 2003) Zimapán Hidalgo (México)	(Montes, 2009) El Rincón, El pedregal (Honduras)	(Calsin, 2016) Tarapachi III (Juliaca)	(CCAM, 2017) Santa Rosa Melgar (Puno)	(Vilca, 2017) Huata (Puno)
Turbiedad	UNT	5	5	0.615	23.3	33.93	0.77		23.46	123	8.91	9	2.3
pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	7.06	8.2	8.14	7.6	7.3	8	8.1	8.25	8.39	7.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	1000	431.25	120	3010	1198		317		1532	138.6	923.1
Cloruros	mgcl/L	250	250	10.89	0.6		30.7				615	42.24	142.8
Sulfato	mg/L	250	250	407.5			740	145			825	16.84	98.5
Nitrato	mg/L	50	50	2.36	128.824	8.2	2.2		3.17	5.99	66.71		
Nitrito	mg/L	3	3	6.5	3.088	0.255			0.004				
Conductividad	µS/cm	1500	1500	530.75	5270	5480		496	646	650	3120		1848.9
Dureza	mg/L	500	500	372.5	180	315	736		393.5		1700	138.43	350.5
Bacterias coliformes totales	UNT/100mL	50	50	66	46	793.8	1.79			6000	2000	640	262.6
Bacterias coliformes termotolerantes	UNT/100mL	20	20	41	22	732.8	1.08	22000		1200	1240	40	2.2

COMPARACIÓN DEL RESULTADO PROMEDIO DE CADA PARÁMETRO MUESTREADO DEL POZO IRHS 23 GRIFO CON EL ECA - PE Y LOS ANTECEDENTES INTERNACIONALES Y NACIONALES

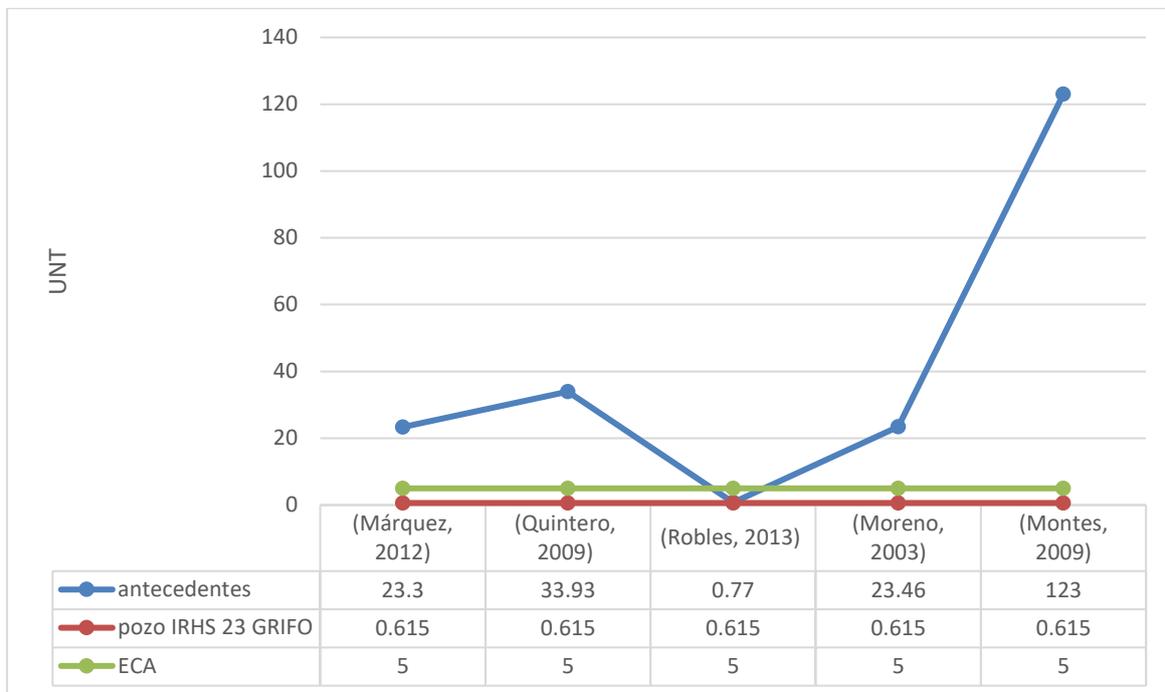


Figura 14: Comparación del resultado de la turbiedad promedio del pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.

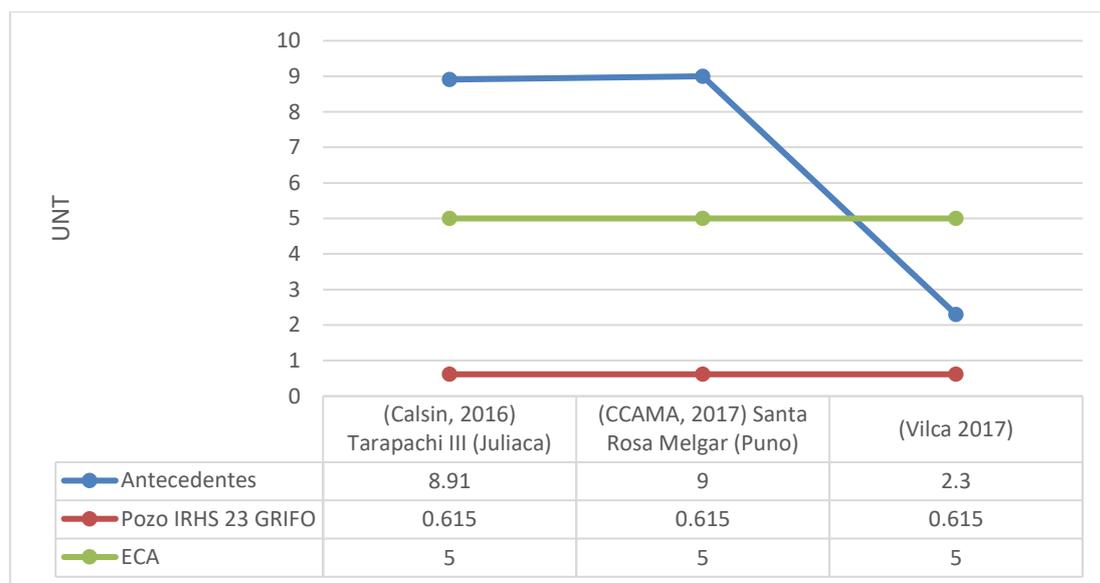


Figura 15: Comparación del resultado de la turbiedad promedio del pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes nacionales.

La turbiedad del agua del pozo IRHS 23 grifo en el sector de Chanchajalla de la ciudad de Ica fueron de 0.83 ± 0.44 NTU.

El promedio de turbiedad en el pozo se encontró dentro de los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (5 NTU).

La turbiedad en el agua se origina por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, microorganismos y sedimentos procedentes de la erosión. La turbiedad se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay o no presencia de organismos que causan enfermedades. (Marcó, 2004)

Los valores del estudio son inferiores a los reportes por (Montes, 2009) en aguas de pozos de El Rincón, El pedregal y San Francisco del valle del Yeguaré y Zamorano - Honduras, quienes citan un valor mínimo de 0.02 y un máximo de 123 NTU, esta semejanza posiblemente se deba a que, hay presencia de ganadería y agricultura en el sector.

Los resultados del estudio son similares a los antecedentes internacionales reportados por (Robles, 2013) en el acuífero Tepalcingo – Axochiapan – México, quienes reportaron un valor mínimo de 0.14 NTU y un valor máximo de 0.77 NTU; además (Quintero, 2009) cifran valores de turbiedad de aguas subterráneas que oscilan entre 0.24 – 33.93 NTU, por otra parte (Moreno, 2003) reportan valores que oscilan entre 0.14 – 23.46 NTU, los niveles altos de turbiedad indican presencia de materiales en suspensión como materiales, partículas, materia orgánica e inorgánica, organismos

planctónicos y microorganismos tal como mencionan (Moreno, 2003). Por otra parte (Márquez, 2012) en los municipios de La Paz y San Diego en Colombia, reportaron un valor máximo de turbiedad de 23.3 NTU. Dentro de los antecedentes nacionales reportados por (Calsin, 2016) en el acuífero Tarapachi III en Juliaca, quienes reportaron un valor máximo de 8.91 NTU; además (CCAMA, 2017) cifra un valor máximo de turbiedad de aguas subterráneas de 9 NTU, por otra parte (Vilca, 2017) en la ciudad de Puno reportan valores que oscilan entre 0.14 – 2.3 NTU, los niveles altos de turbiedad indican presencia de materiales en suspensión como materiales, partículas, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y microorganismos tal como mencionan (Vilca, 2017).

Por consiguiente de acuerdo a los resultados obtenidos, el parámetro de turbiedad indica que el agua del pozo IRHS 23 grifo son aptos para consumo humano según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (5 NTU).

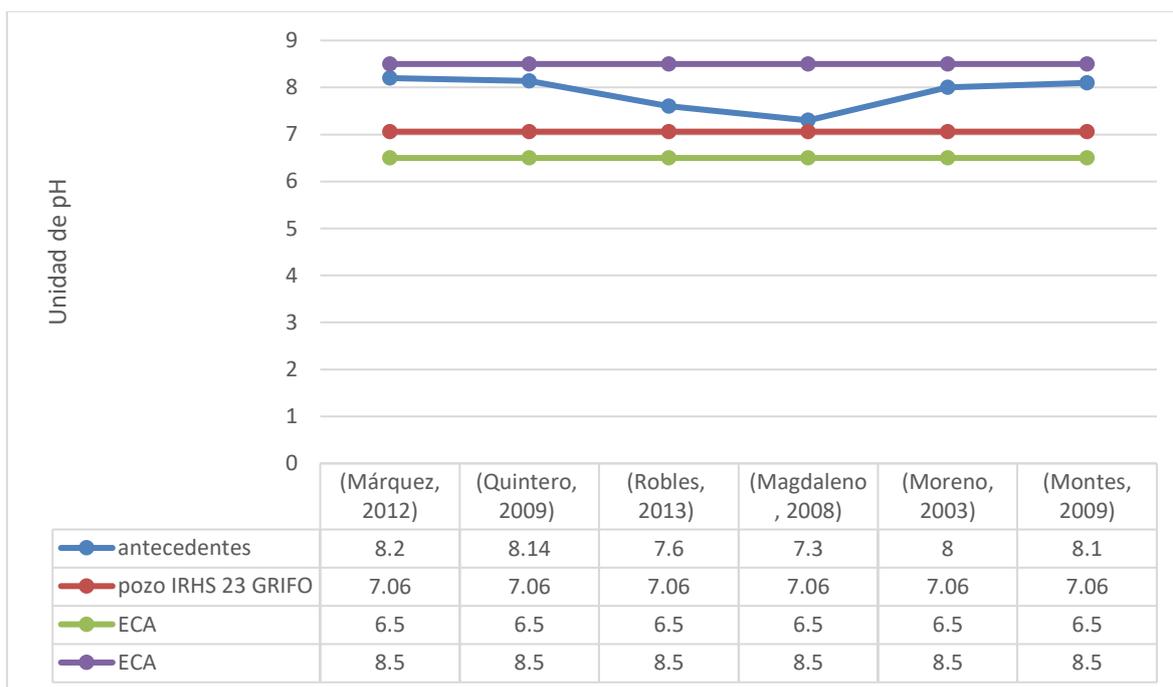


Figura 16: Comparación del resultado promedio del pH en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes internacionales.

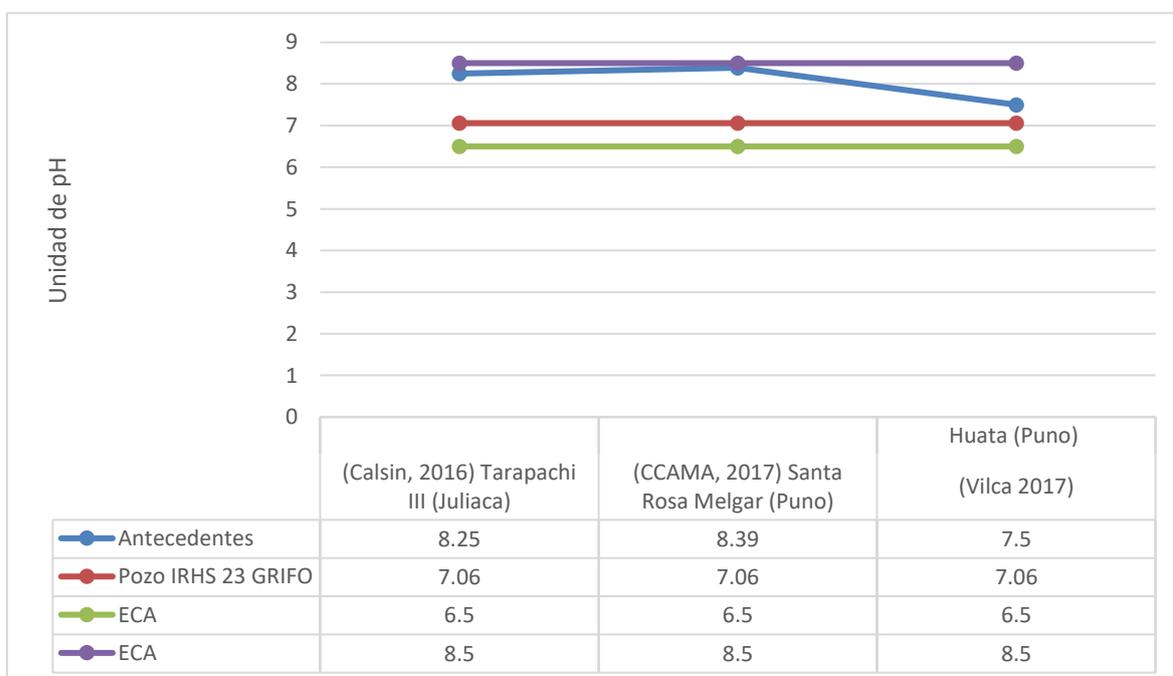


Figura 17: Comparación del resultado promedio del pH en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA - PE y los antecedentes nacionales.

El pH total del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica fue de 7.17 ± 6.98 UpH y el promedio fue de 7.06 UpH,

El promedio de pH del agua en el pozo IRHS 23 grifo, se encontró dentro de los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (6.5 a 8.5 UpH)

La concentración de ión hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como para residuales; todas las fases del tratamiento del agua para suministro, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrogeno o pH; el pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro; el pH no ejerce efectos directos en los consumidores (Metcalf, 2005).

Los resultados de la investigación son semejantes a los antecedentes internacionales reportados por (Magdaleno, 2008) quienes cifran valores que oscilan entre 6.3 – 7.3 unidades de pH y a los reportados por (Robles, 2013) quienes obtuvieron valores de 6.0 – 7.6 unidades de pH; además por (Moreno, 2003) reportan valores entre 7.0 – 8.0 unidades de pH. Esta semejanza se puede deber a las profundidades de los pozos (47m). Por otro lado (Montes, 2009), (Márquez, 2012) y (Quintero, 2013), obtuvieron valores de 8.1, 8.2 y 8.14 UpH respectivamente, siendo estos mayores que nuestros resultados.

Los resultados de la investigación comparada con los antecedentes nacionales, se encuentra que son semejantes con los estudios de (Vilca, 2017), en la región de Huata (Puno) quienes cifran un valor de 7.5 unidades de pH y a los reportados por (Calsin, 2016) quienes obtuvieron un valor máximo de 8.25 unidades de pH; además por (CCAMA, 2017) reportan valores con un máximo de 8.39 unidades de pH.

La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales, es preferible que sea un pH inferior a 8 porque valores superiores de pH: 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos tal como mencionan (Metcalf, 1995).

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 (Orozco, 2008)

Por consiguiente de acuerdo a los resultados obtenidos, el parámetro de pH indica que el agua del pozo IRHS 23 grifo es apta para consumo humano según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (6.5 a 8.5 pH).

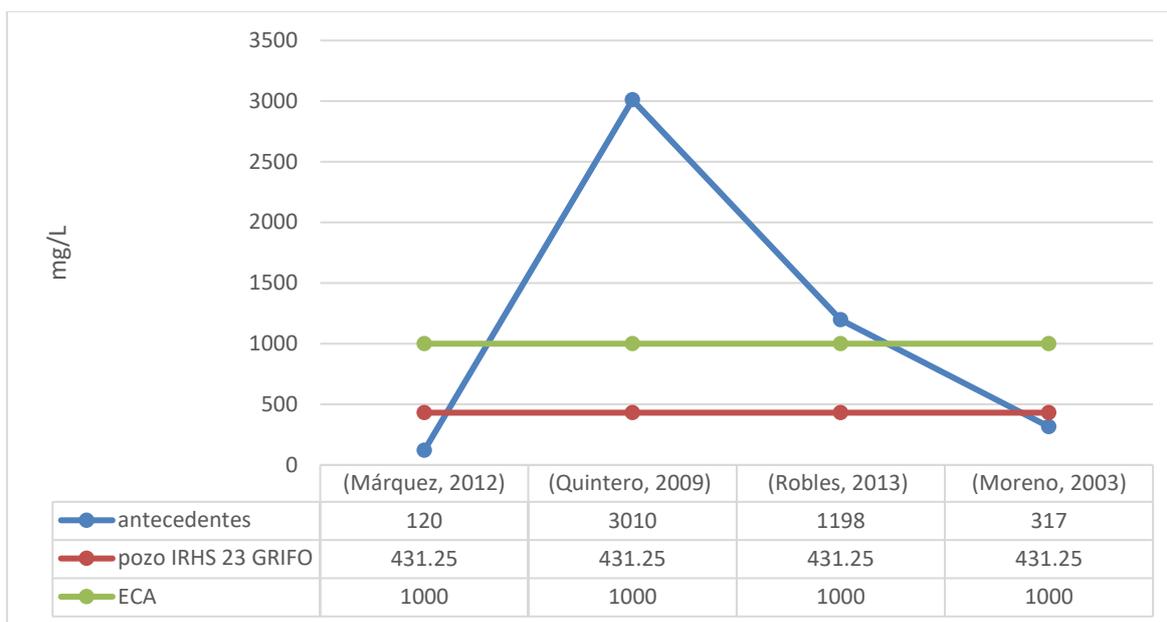


Figura 18: Comparación del resultado promedio de los TDS en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales.

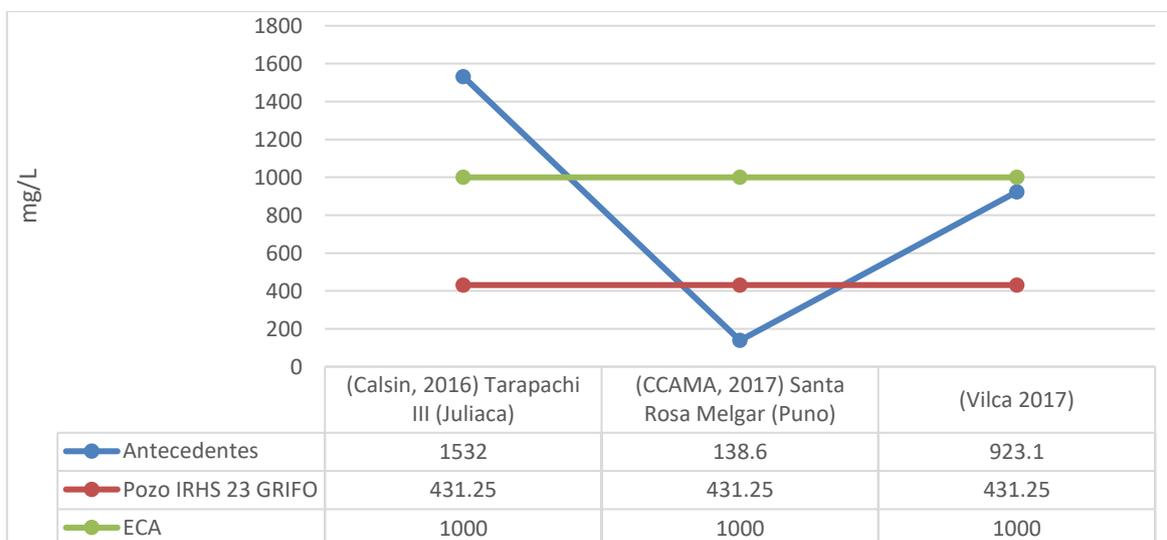


Figura 19: Comparación del resultado promedio de los TDS en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales

Los sólidos totales disueltos en aguas del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica tuvo un valor máximo de 479 mg/L y un valor mínimo de 316 mg/L, con un promedio de 431.25 mg/L (encontrándose por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L)) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbiedad y claridad, gusto, color y olor del agua (OMS, 2003).

Este efecto del incremento de sólidos disueltos totales en las aguas de pozos artesanales superficiales estaría directamente relacionado por el aporte de residuos sólidos por efecto dilución al momento en que los pobladores hacen el riego al suelo, así como diferentes factores comienzan a afectar su uso futuro como fuente de consumo humano tal como menciona (Orozco, 2008)

Los resultados del estudio son similares a los reportados por (Moreno, 2003) quienes cifran un valor máximo de 317 mg/L, (Robles, 2013) reportan valores entre 328 – 1198 mg/L; e inferiores a los citados por (Quintero, 2009) quienes cifran valores de 317 – 3010 mg/L, se debe referir que los valores de los sólidos totales disueltos indican la presencia de materiales en suspensión, tales como arcillas, limos, materia orgánica e inorgánica. Los autores acotan que la falta de servicios sanitarios y de drenaje en algunas zonas es lo que podría estar ocasionando el deterioro de la calidad del agua del acuífero en dichas zonas.

Como se observa en la figura 19, los resultados de los antecedentes nacionales en comparación con el resultado del pozo IRHS 23 grifo y del ECA – PE, se puede interpretar que el antecedente con mayor grado de TDS fue en el sector Tarapachi III en Juliaca

(Calsin, 2016) con un valor de 1532 mg/L y el valor mínimo estuvo en el sector de Santa Rosa Melgar en Puno con un valor de 138.6 mg/L. Los autores concluyen que estos resultados indican la presencia de materiales en suspensión, tales como arcillas, limos, materia orgánica e inorgánica pues probablemente la mayor concentración de TDS en aguas de pozos artesanales muestra un incremento relacionado con la presencia de lluvias en el periodo en el que se realizó el estudio. En general concluyen que el incremento en la concentración de los TDS se encontró en los pozos de menor altitud respecto a los de mayor altitud como consecuencia de la disolución de los minerales de las rocas del suelo durante su flujo de las partes altas hacia las bajas.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de sólidos totales disueltos a través de la medición directa, se determina que el agua de pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla son aptas para consumo humano por mostrar valores que están dentro los LMP emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (1000 mg/L).

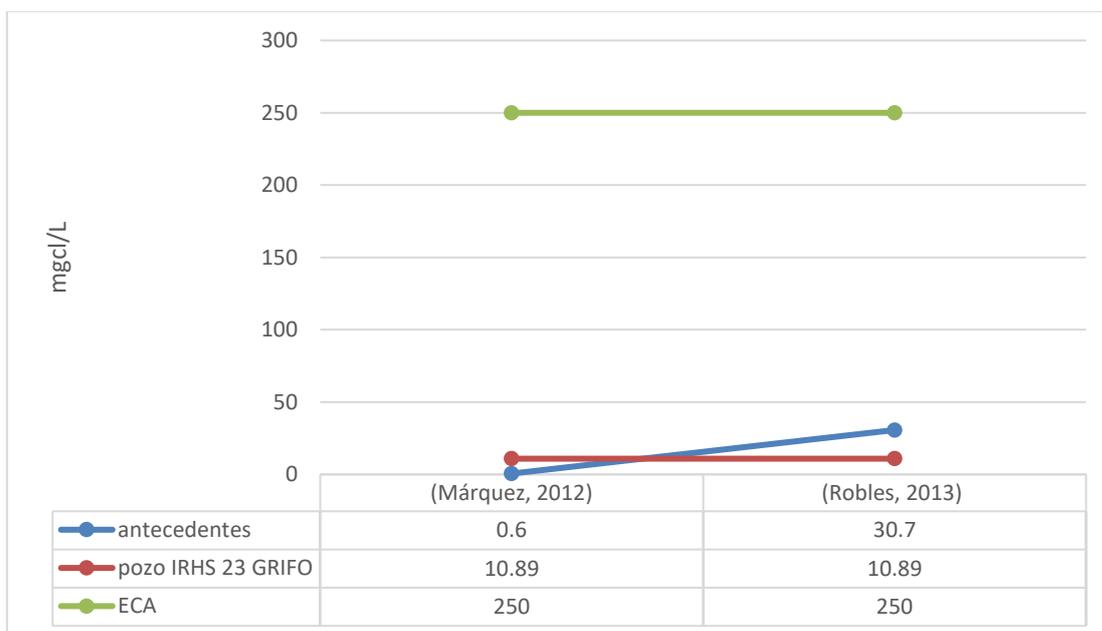


Figura 20: Comparación del resultado promedio de los cloruros en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales

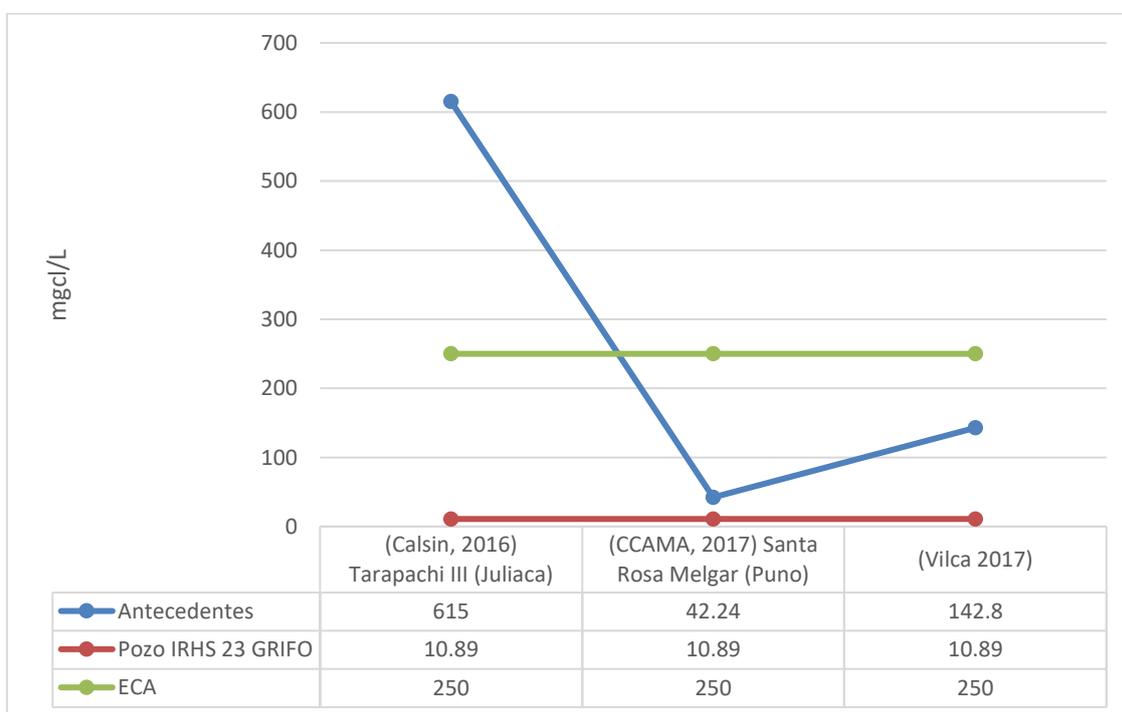


Figura 21: Comparación del resultado promedio de los cloruros en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.

El cloruro del agua del pozo IRHS 23 grifo en el sector de Chanchajalla de la ciudad de Ica tuvo un valor máximo de 13.47 mg/L y un valor mínimo de 1.51 mg/L, con un promedio de 10.89 mgcl/L, el cual se encontró dentro de los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (250 mg cl/L).

Los valores reportados por el estudio son superiores a los estudios de (Márquez, 2012) e inferior a los estudios hechos por (Robles, 2013) quienes reportan valores que oscilan entre 0.1 – 0.6 mgcl/L y 3.8 – 30.7 mg/L, respectivamente. Los autores sostienen que los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen en contacto con el agua, otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales; las heces humanas, pero en concentraciones superiores a 250 mg/L este valor está basado en el sabor del agua el cual es percibido organolépticamente, y no en algún daño fisiológico conocido. Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de cloruros se concluye que estas aguas son aptas para consumo humano por ser inferiores a los límites máximo permisibles

Por otra parte en los antecedentes nacionales (Calsin, 2016) reportaron un valor máximo de 615 mgcl/L que es superior a los encontrados por (CCAMA, 2017) y (Vilca, 2017), con valores de 42.24 mgcl/L y 142.8 mgcl/L respectivamente. Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan en contacto con el agua, otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales; las heces humanas, pero en concentraciones superiores a 250 mg/L este valor está basado en el sabor del agua el cual es percibido

organolépticamente, y no en algún daño fisiológico conocido tal como menciona Metcalf y Eddy (1995).

Los autores concluyen que el incremento de cloruro en dichas aguas ha ocasionado el aumento de la corrosividad del agua, de esta manera el alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado; un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal. El umbral del gusto de los cloruros es de 200 mg/L a 300 mg/L; no teniendo un efecto nocivo en la salud, pero en concentraciones superiores a 300 mg/L se restringe su uso en razón del sabor que le confiere y por el efecto laxativo que pueden provocar diarreas

En conclusión de acuerdo a los resultados de análisis de cloruros indican que el agua del pozo IRHS 23 grifo 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 D.S. N° 031-2010-SA. (250 mg cl/L)



Figura 22: Comparación del resultado promedio de los sulfatos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales

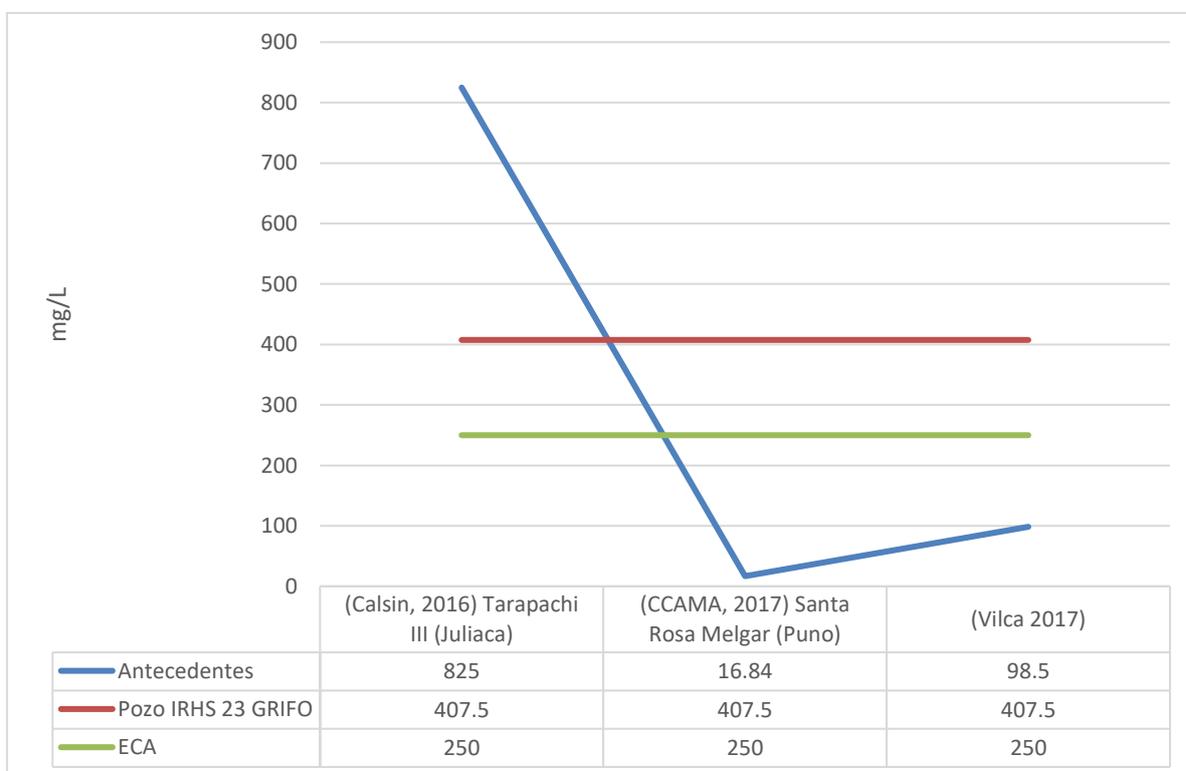


Figura 23: Comparación del resultado promedio de los sulfatos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.

El sulfato del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica tuvo un valor máximo de 550 mg/L y un valor mínimo de 210 mg/L, con un promedio de 407.5 mg/L, el cual excede los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (250 mg/L).

Las mayores concentraciones por lo común están en aguas subterráneas y estas se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas, por lo tanto el sulfato (SO_4^{2-}) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de mg/L tal como mencionan (Severiche, 2012).

Los valores reportados por el estudio son superiores a los antecedentes internacionales de (Magdaleno, 2008) e inferior a los estudios hechos por (Robles, 2013) quienes reportan valores que oscilan entre 145 mg/L y 740 mg/L, respectivamente. Esta semejanza se debe a las actividades antropogénicas que deterioran la calidad del agua; por otra parte los resultados del estudio son superiores a los reportes de (CCAMA, 2017) quienes cifran valores que oscilan entre 1.03 – 16.84 mg/L, e inferiores a los resultados de (Calsin, 2016) los cuales reportan un valor promedio de 825 mg/L.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de sulfatos se concluye que el agua del pozo IRHS 23 grifo (407.5 mg/L) no es apta para consumo humano porque está excediendo los LMP establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA (250 mg/L).

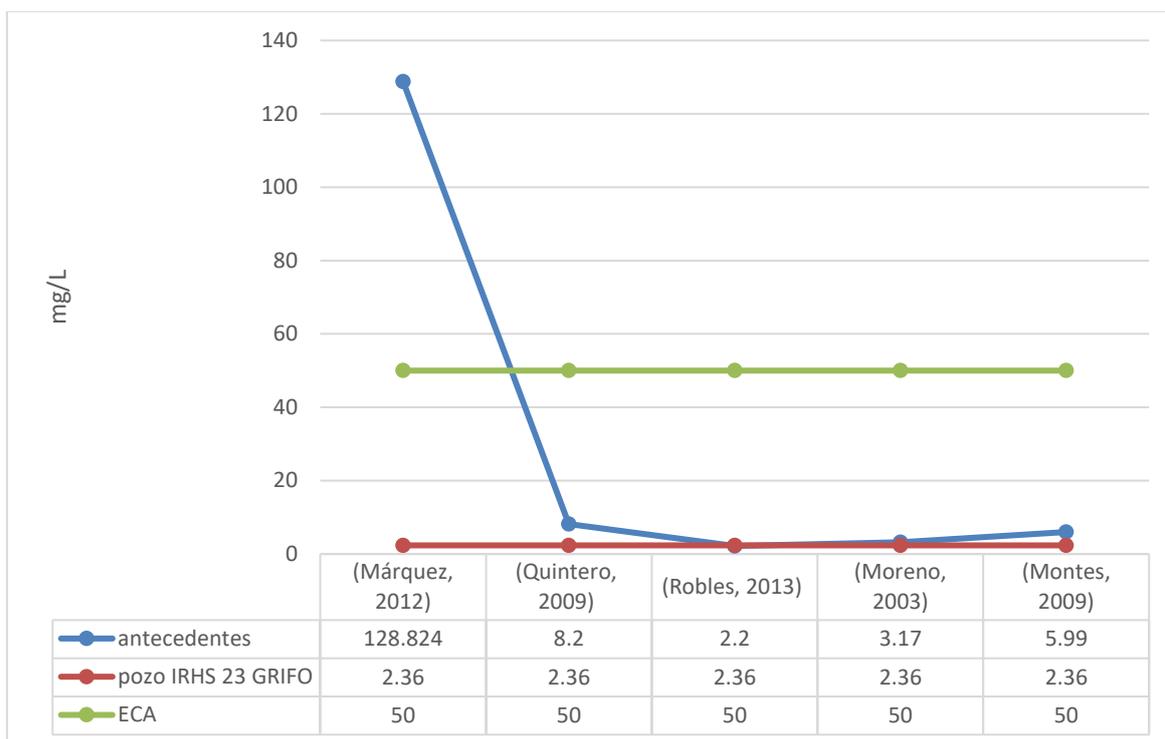


Figura 24: Comparación del resultado promedio de los nitratos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales

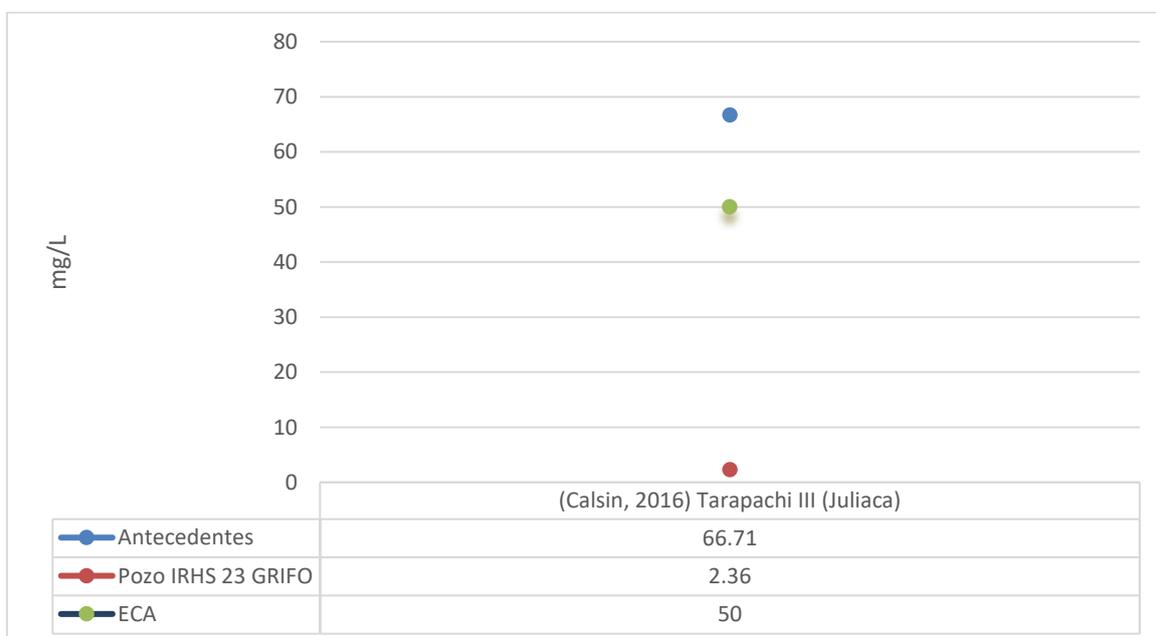


Figura 25: Comparación del resultado promedio de los nitratos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.

La concentración de nitratos en la muestra del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica, tuvo un valor máximo de 5.9 mg/L y un valor mínimo de 0.01 mg/L, con un promedio de 2.36 mg/L, el cual no excede los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. (50 mg/L).

Las altas concentraciones de nitratos indican la disolución de rocas que los contengan o la oxidación de la materia orgánica por acción bacteriana o lixiviados generados a partir de la fertilización o excretas tal como menciona (Vence, 2009). Los valores reportados en los estudios de los antecedentes probablemente se debe a la contaminación causada por la acumulación de excretas humanos y animales estos pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en el agua, estos son solubles y no absorben a los componentes del suelo, por lo que son movilizados con facilidad por las aguas superficiales y subterráneas tal como menciona (Muñoz, 2004).

Los resultados reportados son semejantes a los valores citados por (Robles, 2013) quienes cifran un valor promedio de 2.2 mg/L, siendo este valor inferior a los citados por (Moreno, 2003), (Montes, 2009) y (Quintero, 2009), los cuales reportan valores promedio de 3.17 mg/L, 5.99 mg/L y 8.2 mg/L. Los autores indican que esto es debido al aumento de fertilizantes nitrogenados comerciales empleados en la agricultura y al retorno de desechos derivados de la explotación pecuaria u otras fuentes al suelo.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de nitratos indican que el agua de pozos tubulares y artesanales son aptas para consumo humano por ser menores a los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. (50 mg/L)

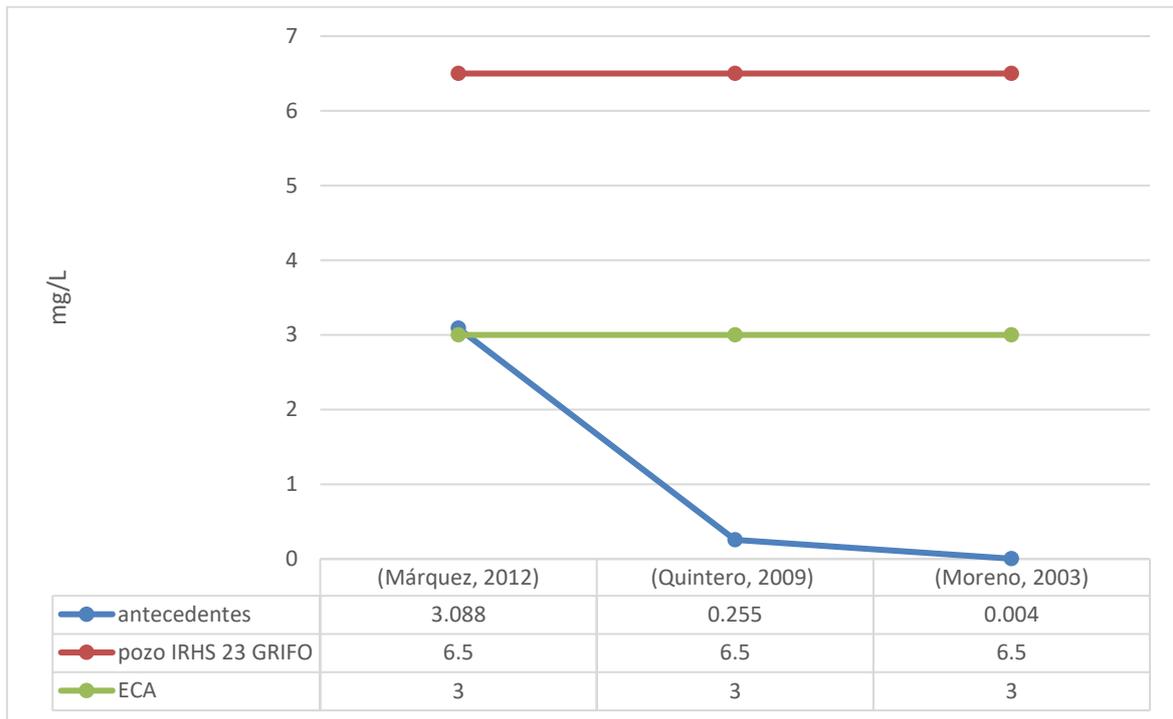


Figura 26: Comparación del resultado promedio de los nitritos en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales

La concentración de nitritos en la muestra del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica, tuvo un valor máximo de 19 mg/L y un valor mínimo de 0.005 mg/L, con un promedio de 6.50 mg/L, el cual excede los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. (50 mg/L).

Las altas concentraciones de nitritos es un indicativo de contaminación fecal reciente (Catalán, 1998). En aguas superficiales, bien oxigenadas, el nivel del nitrito no suele superar 0.1 mg/L (Morgan, 1981). Asimismo, cabe resaltar que el nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el amoniaco y el nitrato. Los nitratos en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando

nitrosaminas de alto poder cancerígeno y tóxico (Marín, 1996).

Los resultados reportados son semejantes a los valores citados por (Márquez, 2012) quienes cifran un valor promedio de 3.088 mg/L, siendo este valor superior a los citados por (Quintero, 2009) y (Moreno, 2003), los cuales reportan valores promedio de 0.255 mg/L y 0.004 mg/L respectivamente. Los valores reportados en los estudios de los antecedentes (aunque no exceden los LMP), probablemente se debe a la contaminación causada por la acumulación de excretas humanos y animales estos pueden contribuir a elevar la concentración de nitritos en el agua, estos son solubles y no absorben a los componentes del suelo, por lo que son movilizados con facilidad por las aguas superficiales y subterráneas tal como menciona (Muñoz, 2004).

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de nitritos indican que el agua del pozo IRHS 23 – grifo no son aptas para consumo humano por ser mayor a los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (3 mg/L)

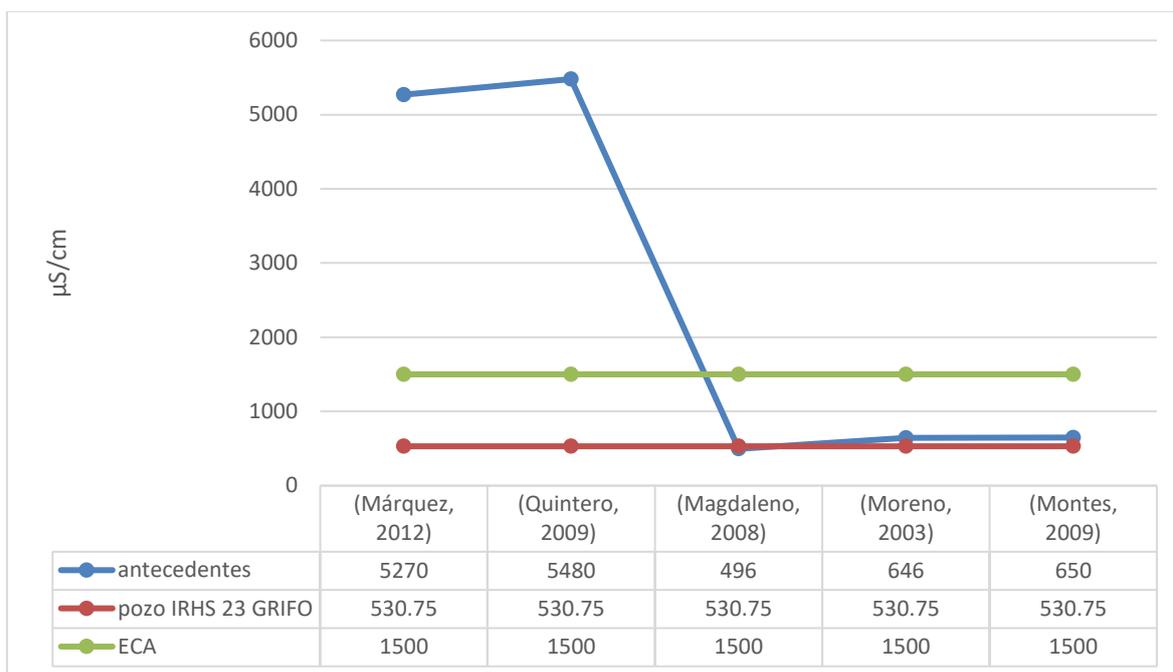


Figura 27: Comparación del resultado promedio de la conductividad en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales

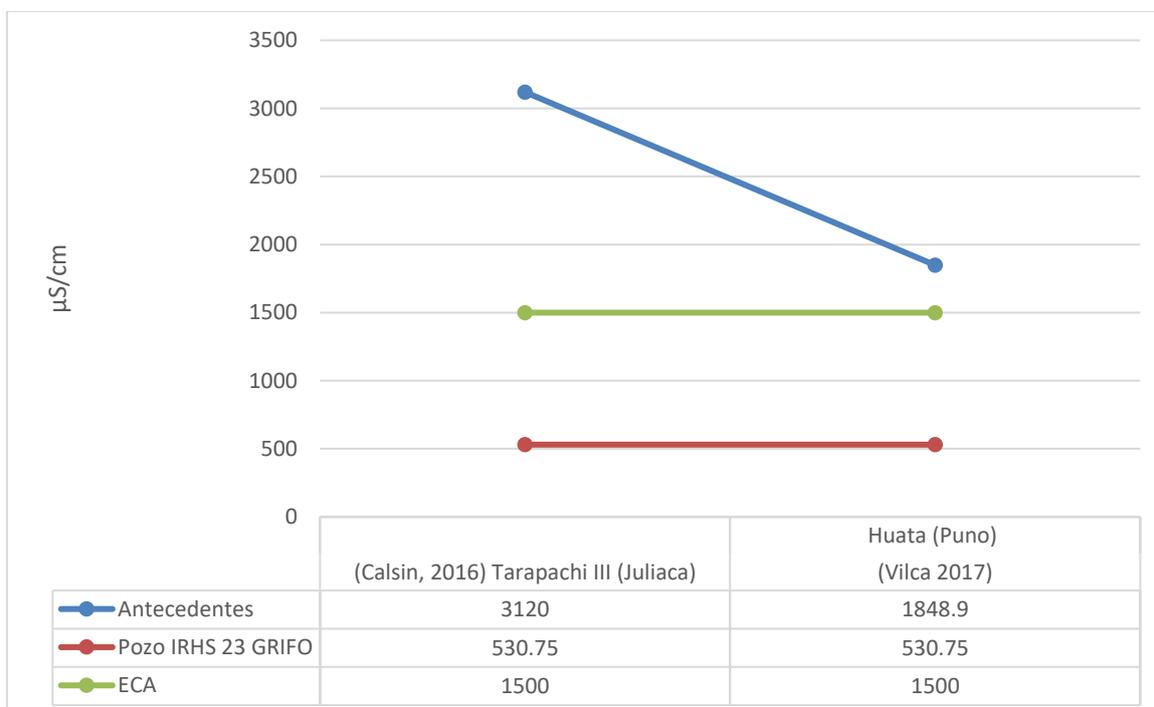


Figura 28: Comparación del resultado promedio de la conductividad en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.

La conductividad en la muestra del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica, tuvo un valor máximo de 658 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un valor mínimo de 374 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un promedio de 530.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual se encuentra dentro de los límites máximos permisibles permitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La conductividad eléctrica del estudio es superior a los reportados por (Magdaleno, 2008) quienes reportan valores entre 276 – 496 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en aguas subterráneas de El Colorado y El Pumpuapa en México, asimismo la conductividad del estudio es inferior a los estudios realizados por (Márquez, 2012) y (Calsin, 2016), quienes cifran valores promedio de 5270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es probable que estas diferencias sean por las condiciones del medio ambiente tal como menciona (Granel, 2002); por otro lado los valores están dentro de los parámetros obtenidos por (Quintero, 2009) quienes reportan una conductividad de 221- 5270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en agua subterránea de las zonas La Paz y San Diego en Colombia; donde se evidencia un proceso de restauración del suelo, influenciada por el aumento de la materia orgánica.

Los autores indican que la mayor conductividad eléctrica en pozos artesanales se debe a la contaminación de las aguas subterráneas relacionada principalmente con el nivel freático que es poco profundo; este riesgo para la calidad del agua se debe a que la ciudad cuenta con un drenaje sanitario y pluvial deficiente, originado así el uso de pozos sépticos en las casas, gran parte de estas escurren o se infiltran hacia ellos tal como reporta (Granel, 2002). Este efecto del incremento de la conductividad en las aguas de pozos superficiales estaría también directamente relacionado con el aporte de residuos sólidos por efecto dilución al momento en que la lluvia llega al suelo diferentes factores comienzan a afectar su uso futuro como fuente de consumo humano tal como menciona (Orozco, 2008).

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de conductividad a través de la medición directa, se determina que el agua del pozo IRHS 23 grifo sí es apta para consumo humano por mostrar valores que no exceden los LMP emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. (1500 μ S/cm).

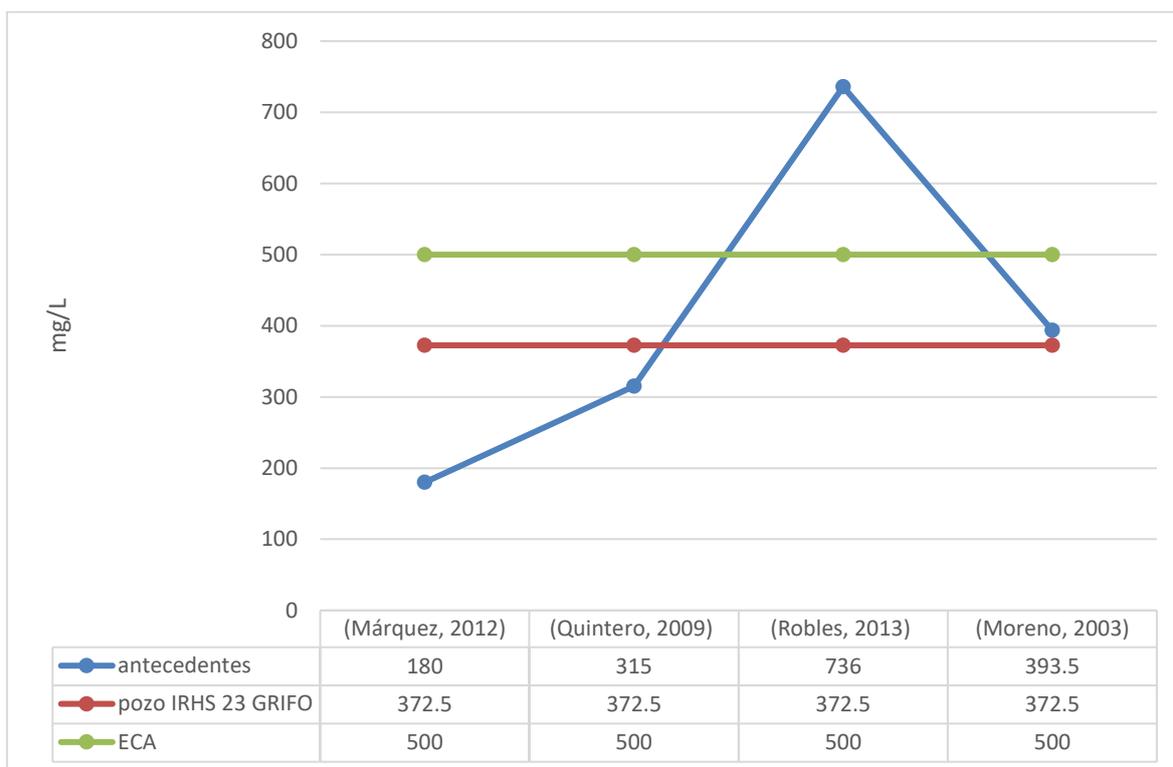


Figura 29: Comparación del resultado promedio de la dureza en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales

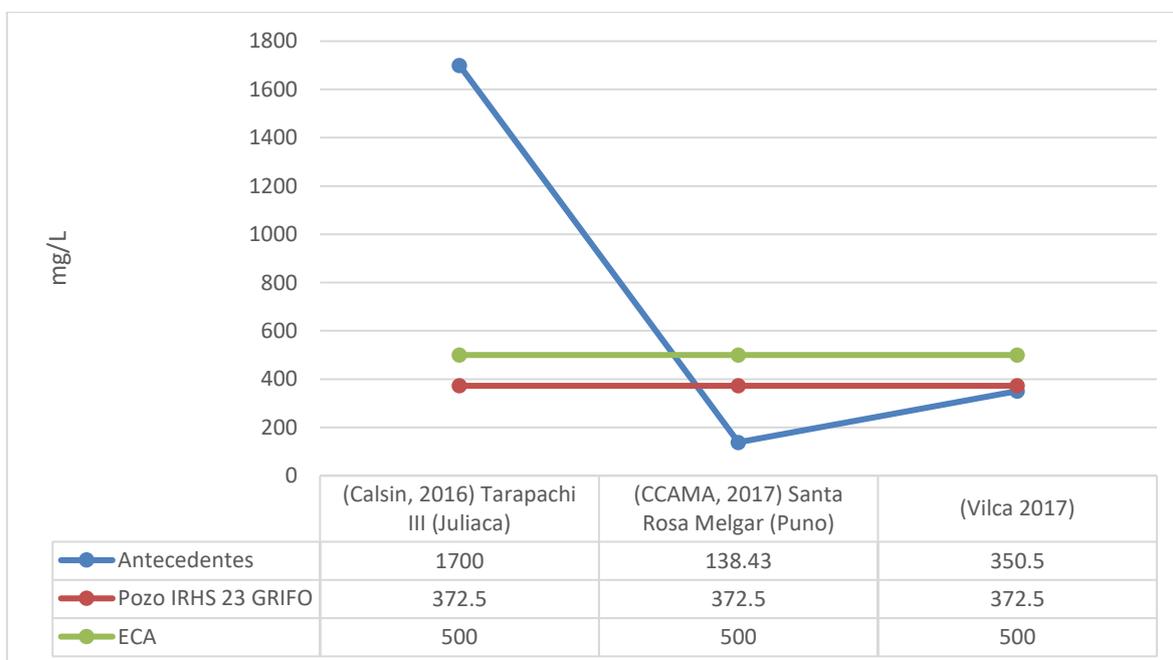


Figura 30: Comparación del resultado promedio de la dureza en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales

La dureza en la muestra del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica, tuvo un valor máximo de 378 mg/L y un valor mínimo de 366 mg/L, con un promedio de 372.5 mg/L, el cual se encuentra dentro de los límites máximos permisibles permitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (500 mg/L).

La dureza en la muestra de estudio es superior a los reportados por (Márquez, 2012) y (Quintero, 2009) quienes reportan valores promedio de 180 y 315 mg/L respectivamente en aguas subterráneas de Venados y Caracolí en Colombia, asimismo la dureza del estudio es inferior a los estudios realizados por (Robles, 2013), (Moreno, 2003) y (Calsin, 2016), quienes cifran valores promedio de 736 mg/L, 393.5 mg/L y 1700 mg/L respectivamente.

La dureza total clasificados como valores altos mayores a 500 mg/L se deben a la presencia en una proporción mayor de los minerales disueltos como carbonatos dolomita y anhidrita tal como refiere (Pacheco, 2004). La presencia de altos valores de dureza total cálcica y magnésica se debe al paso a través de la caliza disolviendo los compuestos de calcio y magnesio tal como reporta (Vence, 2009).

Los valores reportados en el estudio son superiores en dureza a agua de pozos de zonas rurales de Pelipeline Achaya Azángaro - Puno citados por (Esparza, 2005) quienes citan valores entre 83.80 mg/L a 219.80 mg/L.

Los resultados del estudio se encontró en los valores reportados en estudios realizados en Morelos México en acuíferos (pozos de agua potable antes de añadirle cloro) por (Robles, 2013) quienes reportan valores entre 145 mg/L a 700.36 mg/L.

En investigaciones realizadas por (Pérez, 2003) reportan valores entre 150.80 mg/L a 348.60 mg/L, sobre el particular (Vence, 2009) en aguas subterráneas en los municipios

de la Paz y San Diego Colombia, reporta valores de 15 mg/L a 180 mg/L cifras inferiores al presente estudio.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de dureza total indican que el agua del pozo IRHS 23 grifo es apta para consumo humano, ya que los valores no excedieron los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (500 mg/L)

Por todo lo expuesto en párrafos anteriores se acepta la hipótesis planteada, dado que los parámetros químicos que excedieron los límites máximos permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. Fueron: sulfatos y nitritos en agua del pozo IRHS 23 grifo. Mientras que se rechaza la hipótesis planteada, afirmándose que los parámetros de pH, conductividad, turbiedad, sólidos totales disueltos, cloruros, nitratos y dureza total exceden el LMP.

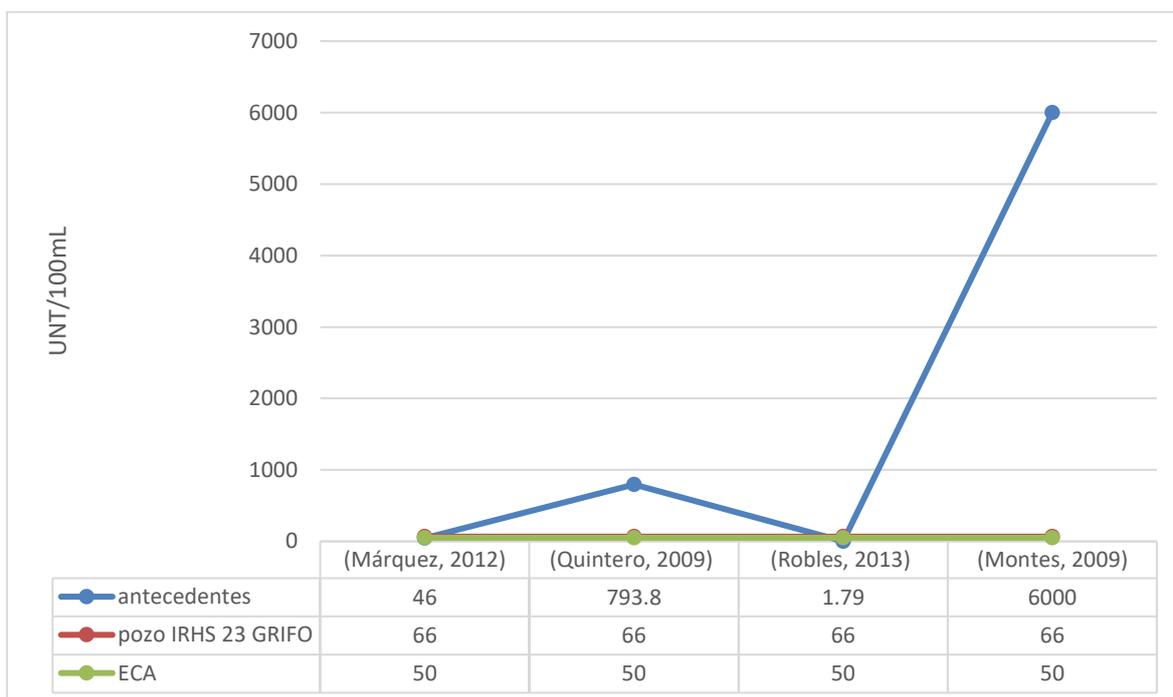


Figura 31: Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes totales en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales.

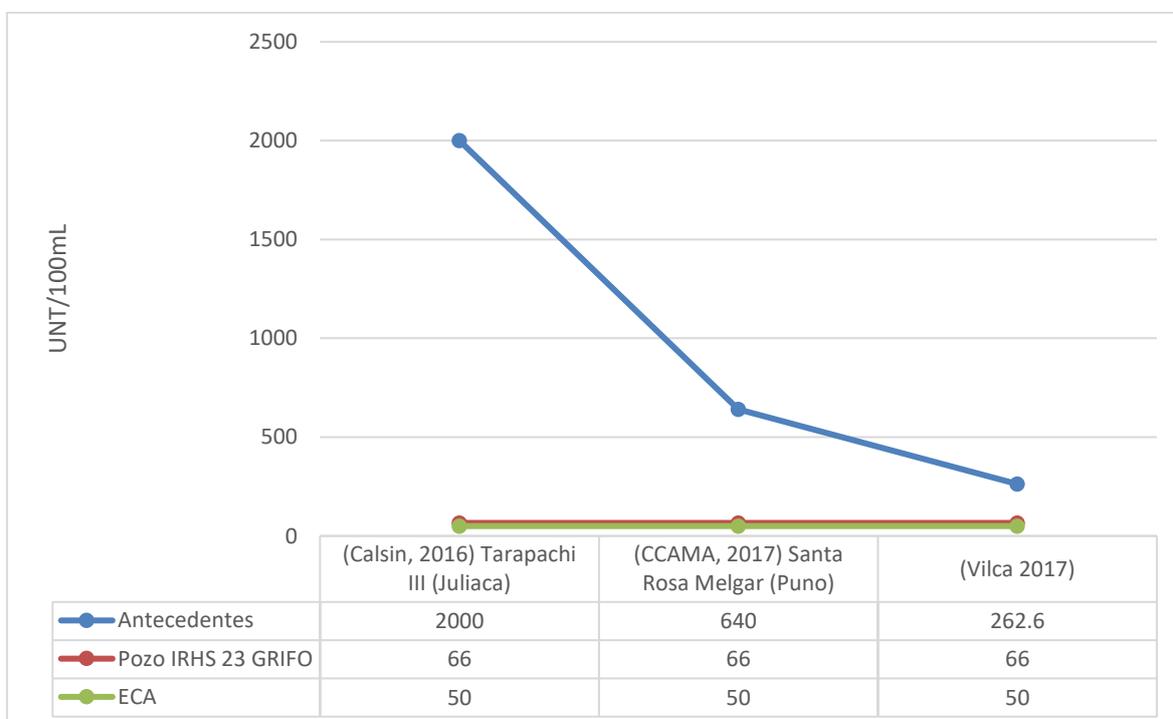


Figura 32: Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes totales en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.

La coliformes totales en la muestra del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica, tuvo un valor máximo de 170 NMP/100ml y un valor mínimo de 23 NMP/100ml, con un promedio de 66 NMP/100ml, el cual excede los límites máximos permisibles permitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (50 NMP/100ml).

La existencia de alguna correlación de influencia puede deberse a factores como la contaminación por basura y las descargas directas de aguas residuales los cuales son factores que influyen tal como reporta (Orozco, 2008). La calidad microbiológica de las muestras se deben a la disposición inadecuada de los desechos domésticos, las prácticas de saneamiento en el lugar, así como los pozos contaminados con los sistemas de evacuación de aguas servidas y la falta de protección de estos, entre otros tal como menciona (Pacheco, 2004).

Los resultados de las bacterias coliformes totales supera a los reportados por (Márquez, 2012) y (Robles, 2013) quienes reportan valores promedio de 46 UNT/100ml y 1.79 UNT/100ml en aguas subterráneas de La Paz y San Diego en Colombia y Venados y Caracolí en México, asimismo los resultados obtenidos del pozo IRHS 23 grifo son inferiores a los estudios realizados por (Quintero, 2009), (Montes, 2009), (Calsin, 2016), (CCAMA, 2017) y (Vilca, 2017), quienes cifran valores promedio de 793.8 UNT/100 ml, 6000 UNT/100 ml, 2000 UNT/100 ml, 640 UNT/100 ml y 262.6 UNT/100 ml respectivamente.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de coliformes totales indican que el agua del pozo IRHS 23 grifo no está apta para el consumo humano ya que exceden los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (50 UNT/100 mL).

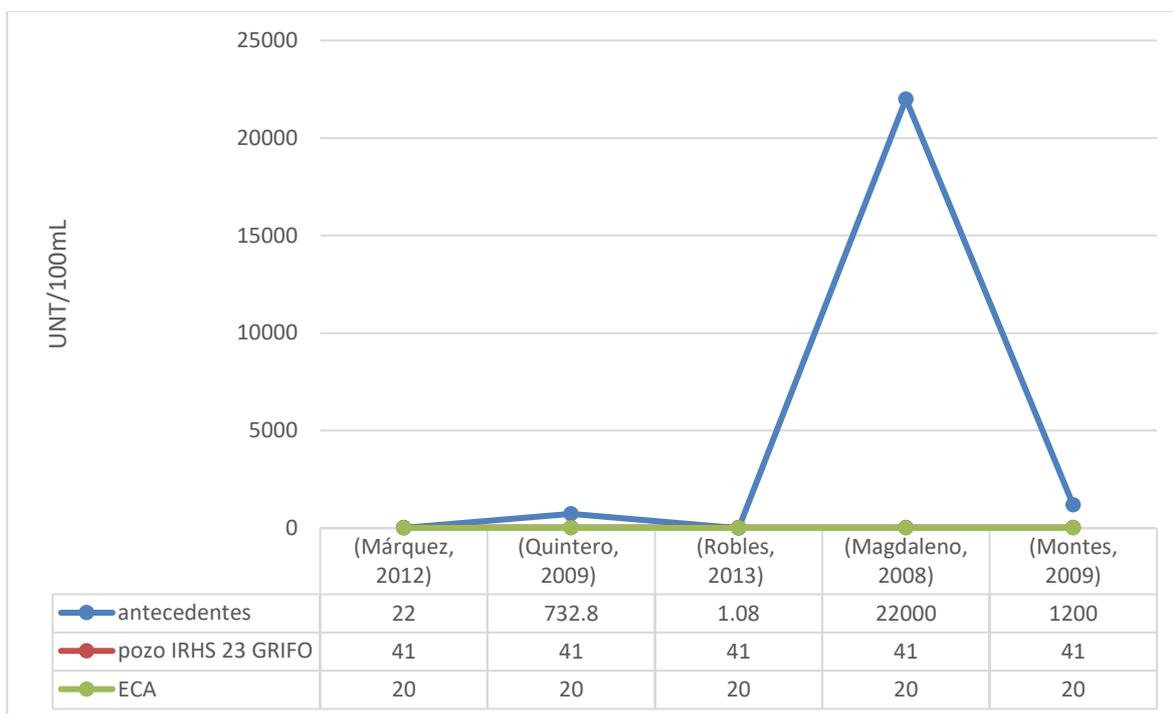


Figura 33: Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes termotolerantes en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes internacionales.

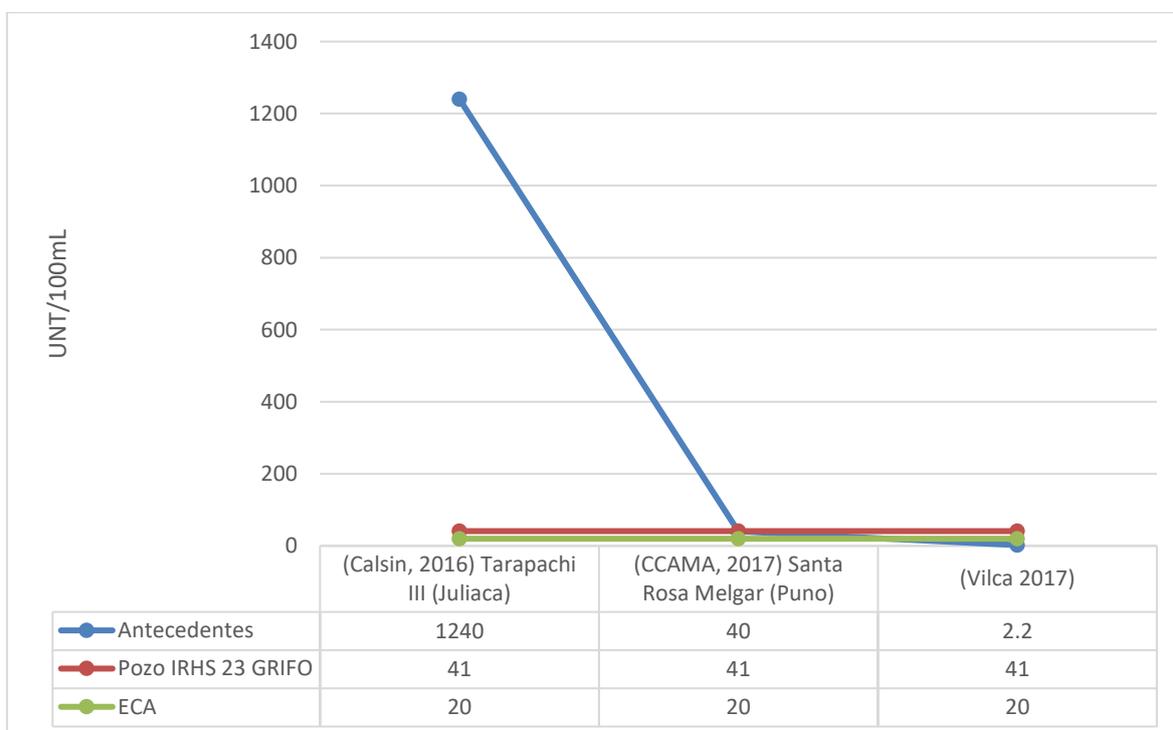


Figura 34: Comparación del resultado promedio de las bacterias coliformes termotolerantes en el pozo IRHS 23 grifo con el ECA – PE y los antecedentes nacionales.

La coliformes termotolerantes en la muestra del agua del pozo IRHS 23 grifo en el centro poblado de Chanchajalla de la ciudad de Ica, tuvo un valor máximo de 79 NMP/100mL y un valor mínimo de 23 NMP/100mL, con un promedio de 41 NMP/100mL, el cual excede los límites máximos permisibles permitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. (20 NMP/100mL).

Los resultados obtenidos en esta investigación, fueron inferiores a los resultados obtenidos por (Quintero, 2009) en Colombia, (Magdaleno, 2008) en México y (Montes, 2009) en Honduras, quienes reportaron unos valores de 732.8 UNT/100 mL, 22000 UNT/100 mL y 1200 UNT/100 mL respectivamente, detectaron la presencia de estas bacterias en todos los pozos y en todos los meses en que se realizaron los muestreos, 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 1240 UFC/100mL en pozos artesanales y 27.79 UFC/100mL en pozos tubulares para coliformes fecales.

La investigación es similar a CCAMA y Vilca (2017), quienes caracterizaron físico - química y microbiológicamente el agua de consumo humano de la localidad de Santa Rosa Melgar y Huata - Puno, obteniendo resultados que fueron de 40 UFC/100mL y 2.2 UFC/100 mL de coliformes termotolerantes, por lo que puede afectar la salud del consumidor.

Los valores obtenidos en el presente trabajo de investigación, son debidos a la presencia de la cercanía del pozo a los bebederos de animales y letrinas por lo que el agua puede convertirse en un potencial riesgo de contraer enfermedades diarreicas si no le 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.

Por consiguiente de acuerdo a los resultados de análisis de coliformes termotolerantes indican que el agua del pozo IRHS 23 grifo, no está apta para consumo humano por exceder los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (20 UNT/100 mL)

4.2. CONCLUSIONES

- Se determinó que el índice de calidad ambiental del agua subterránea del centro poblado de Chanchajalla es mala.
- Se determinó que el pH tiene un promedio de 7.06 unidad de pH, la conductividad 530.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la turbiedad 0.615 UNT en las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito la tinguña, Ica – 2019.
- Se determinó una concentración de sólidos totales disueltos de 431.25 mg/L, una concentración promedio de cloruro de 10.39 mg/L, una concentración promedio de nitratos de 2.36 mg/L, una concentración promedio de nitritos de 6.50 mg/L, una concentración promedio de sulfatos de 407.5 mg/L y una concentración promedio de dureza total de 372.5 mg/L.
- Se determinó la concentración de los Coliformes totales y coliformes termotolerantes de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de la Tinguña, Ica – 2019, los cuales tienen un promedio de 66 NMP/100 mL y 41 NMP/100 mL respectivamente.
- Se comparó los resultados promedio de las aguas destinadas al consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de la Tinguña, Ica, con los estándares de calidad ambiental – Categoría A1 del decreto supremo D.S. N°004 – 2017 MINAM, con lo cual se obtuvo que los parámetros que no cumplieron fue el sulfato con un valor de 407.5 mg/L, nitritos con un valor promedio de 6.50 mg/L y las bacterias.

coliformes totales y termotolerantes, con un valor promedio de 66 NMP/100 mL y 41 NMP/100 mL respectivamente. Y los parámetros que si cumplieron fue la turbiedad con un valor promedio de 0.615 UNT, pH con un valor promedio de 7.06, Sólidos totales disueltos con un promedio de 431.25 mg/L, cloruro con un valor promedio de 10.89 mg/L, nitrato con un valor promedio de 2.36 mg/L, conductividad con un valor promedio de 530.75 μ S/cm y dureza con un valor promedio de 372.5 mg/L.

- Se comparó los resultados promedio de las aguas destinadas al consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de la Tinguña, Ica, con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N°031 – 2010 – SA, con lo cual se obtuvo que los parámetros que no cumplieron fue el sulfato con un valor de 407.5 mg/L, nitritos con un valor promedio de 6.50 mg/L y las bacterias coliformes totales y termotolerantes, con un valor promedio de 66 NMP/100 mL y 41 NMP/100 MI respectivamente. Y los parámetros que si cumplieron fue la turbiedad con un valor promedio de 0.615 UNT, pH con un valor promedio de 7.06, Sólidos totales disueltos con un promedio de 431.25 mg/L, cloruro con un valor promedio de 10.89 mg/L, nitrato con un valor promedio de 2.36 mg/L, conductividad con un valor promedio de 530.75 μ S/cm y dureza con un valor promedio de 372.5 mg/L.
- Los valores del pH, conductividad y turbiedad de las aguas en el sector de Chanchajalla se encuentran dentro tanto de los límites máximos permisibles como de los estándares de calidad ambiental para el consumo humano, con lo que se rechaza la hipótesis que indica que los valores superan los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental.

- La concentración de los sólidos totales disueltos, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, dureza total de las aguas en el sector de Chanchajalla estuvieron dentro de los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental, a excepción de los nitritos y sulfatos, quienes superaron los límites con valores promedio de 6.50 mg/L y 407.5 mg/L respectivamente. Con lo que se acepta la hipótesis que indica que estos parámetros superan los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados por el D.S. N°004 – 2017 – MINAM y los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua aprobado en el D.S. N° 031 – 2010 – SA.
- Las concentraciones promedio de los parámetros fisicoquímicos para las muestras uno, dos, tres y cuatro en el pozo IRHS 23 GRIFO fueron: 0.615 UNT de turbiedad, 7.06 de pH, 431.25 mg/L de sólidos totales disueltos, 10.89 mgcl/L de cloruros, 407.5 mg/L de sulfato, 2.36 mg/L de nitrato, 5.50 mg/L de nitrito, 530.75 μ S/cm de conductividad y 372.5 mg/L de dureza.
- Las concentraciones promedio de los parámetros microbiológicos para las muestras uno, dos, tres y cuatro en el pozo IRHS 23 GRIFO fueron: 66 NMP/100 mL de bacterias coliformes totales y 41 NMP/100mL de bacterias coliformes termotolerantes. Con lo que se acepta la hipótesis que indica que superan los estándares de calidad ambiental – categoría A1 aprobados según el D.S N° 004 – 2017. MINAM y los límites máximos permisibles establecidos según el D.S. N° 031 – 2010 –SA. Y Sin embargo se rechaza la hipótesis que indica que todos los resultados de las muestras de las aguas para consumo humano en el sector de Chanchajalla, distrito de la Tinguña, Ica, superan los estándares de calidad ambiental establecidos según el D.S N° 004 – 2017. MINAM y los límites máximos permisibles establecidos en el decreto supremo D.S. N° 031 – 2010 – SA.

REFERENCIAS

- APHA, AWWA, WPCF. (2017). *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd.*
- Atanacio, J. M. (2010). *Perú: Mapa de déficit de agua y saneamiento básico a nivel distrital, 2007.* Lima: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2010-04448.
- Calsin Ramirez, K. V. (12 de septiembre de 2016). *Universidad Nacional del Altiplano.* Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4187>
- CCAMA, D. A. (2017). *Repositorio Universidad Nacional del Altiplano - Puno.* Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5562/Quispe_Ccama_Deybi_Adderly.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Choque, G. C. (2005). *Universidad Nacional del Altiplano.* Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1922/Chambi_Choque_Guido.pdf.txt?sequence=4
- D.S. N° 004. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.* Lima: Ministerio del Ambiente.
- DIGESA, D. g. (s.f.). *Dirección general de salud ambiental DIGESA.* Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf
- HACH COMPANY. (2013). *Manual de análisis de Agua. Colorado, EE.UU.*
- INEI. (2017). *Censos nacionales de población y vivienda 2017.* Ica.
- L. Marcó, R. A. (2004). *Higiene y sanidad ambiental.* Obtenido de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Laurento Cajacuri, J. A. (2015). *Valoración del Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF) en un Tramo de la Quebrada Cruz de Motupe. (Informe de Práctica Pre Profesional).* Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- Levano, R. U. (07 de Abril de 2019). entrevista acerca de los datos del pozo IRHS23. (E. H. Paola, Entrevistador)
- Magdaleno, C. O. (2008). *Higiene y sanidad ambiental.* Obtenido de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018c431ea27_Hig.Sanid.Ambient.8.348-354\(2008\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018c431ea27_Hig.Sanid.Ambient.8.348-354(2008).pdf)
- Marín Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: tratamiento y control de calidad de aguas.* España: Ediciones Díaz de Santos.
- Márquez, L. V., Rivera González, M., Beatriz Castillo Sarabia, A., & Osorio Bayter, Y. (2012). *Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental.*
- MINAM. (15 de octubre de 2005). *Ley general del ambiente.* Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/wpcontent/>

- Montes de oca Martínez, J. J. (Diciembre de 2009). *Diagnóstico de la Calidad de Agua en Pozos Excavados de Tres Comunidades del Valle del Yeguaré, Honduras*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/326/1/T2797.pdf>
- Moreno, P. (2003). *Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua en Zimapán, México*. *Hidrobiológica 2003*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v13n2/v13n2a1.pdf>
- Muñoz, I. (2016). Agroexportación y sobreexplotación del acuífero de Ica en Perú. *Scielo Perú*.
- Neira Guitierrez, M. (2016). *DUREZA EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO*.
- North California Public Health. (2009). *Hoja informativa sobre el agua de pozos. Las bacterias coliformes*.
- ONU, D. d. (07 de Febrero de 2014). *UN WATER*. Obtenido de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
- Oruna, N. (2010). Calidad microbiológica y los principales parámetros físico – químicos del agua potable de la ciudad de Puno.
- Pacheco Ávila, J., & Cabrera Sansores, A. (2004). *Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México*. Obtenido de <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen8/diagnostico.pdf>
- QUINTERO RODRIGUEZ, D., & HERRERA VILLAZON, I. (2009). *MICROBIOLOGIA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA REGION SUR DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR-CESAR*. Obtenido de <https://www.corpocesar.gov.co/files/MICROB%20SUR%20VUP.PDF>
- Robles, E., Ramírez, E., Durán, Á., Martínez, M., & González, M. (2013). CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA DEL ACUÍFERO TEPALCINGOAXOCHIAPAN, MORELOS, MÉXICO. *AAVANCES EN CIENCIAS E INGENIERÍA*.
- Rojas, R. (2002). *GUÍA PARA LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf
- Satélite, C. C. (s.f.). *HACH COMPANY*. Obtenido de https://latam.hach.com/cms-portals/hach_mx/cms/documents/Que-s-la-conductividad-Final.pdf
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua: evaluación y diagnóstico* (Primera ed.). Medellín, Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de <http://ebookcentral.proquest.com>
- Torres, P., Hernán Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300009
- Vence Márquez, L., Rivera González, M., Osorio Bayter, Y., & Beatriz Castillo Sarabia, A. (2012). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los

municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*.

Vilca, M. C. (2017). *Evaluación bacteriológica de la calidad de agua de pozos para consumo humano de la localidad de pilcuyo*. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5325/Curo_Vilca_Martha.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

ANEXO N° 1. Resultados del análisis microbiológico analizados en el laboratorio Bislab el día 02 de agosto del año 2019.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 108**



INFORME DE ENSAYO N°3855/02/19

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Paola del Rosario Espinoza Hernández
Domicilio legal : Centro Poblado Chanchajalla Mz. A, Distrito de La Tinguiña, Ica.

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua subterránea (agua de pozo).
Identificación de la muestra : Procedencia: C.P de Chanchajalla, MZ. F10, Distrito de la Tinguiña, Ica.
Punto de muestreo: Grifo de descarga del pozo IRHS - 23.
Toma de muestra: 2019-08-09 Hora: 08:24
Responsable de toma de muestra : Solicitante - Rosa Del Carmen Espinoza Hernández.
Forma de presentación : Frasco de vidrio (conservado en cadena de frío).

3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL.
Fecha de recepción : 2019-08-09
Fecha de inicio del ensayo : 2019-08-09
Fecha de término del ensayo : 2019-08-13

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	23
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	23

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros

Método:

Coliformes totales (NMP) : SMEWW/APHA/WWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes termotolerantes (NMP) : SMEWW/APHA/WWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

5. OBSERVACIONES:

- Prohibida la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regule por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 14 de agosto del 2019.




Rosa E. Alvarado Diaz
GERENTE TÉCNICO
C.R.P. N° 5762

Calle Fermín Tanguila 100 Urb. San Miguel, Ica - Ica.
T: 51-86-612981, www.bioslab.com.pe
bioslab@gmail.com / contacto@bioslab.com.pe

Código: F04-01
Versión: 03
Fecha: 2019-04-20
Página: 1 de 1

ANEXO N° 2. Informe de ensayo N° 3855 del laboratorio Bioslab el día 02 de agosto del año 2019.

INFORME DE ENSAYO N° 3855 / 02 - 19

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Paola del Rosario Espinoza Hernández
Domicilio legal : Centro Poblado Chanchajalla Mz. A, Distrito de La Tinguiña, Ica.

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua subterránea (agua de pozo).
Identificación de la muestra : Procedencia: C.P de Chanchajalla, MZ. F10, Distrito de la Tinguiña, Ica.
Punto de muestreo: Grifo de descarga del pozo IRHS – 23.
Toma de muestra: 2019-08-02 Hora: 08:24
Responsable de toma de muestra : Solicitante - Rosa Del Carmen Espinoza Hernández.
Forma de presentación : Frasco de vidrio (conservado en cadena de frío).

3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
Fecha de recepción : 2019-08-02
Fecha de inicio del ensayo : 2019-08-02
Fecha de término del ensayo : 2019-08-12

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	23
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	23

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros

Método:

Coliformes totales (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes termotolerantes (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Faecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

5. OBSERVACIONES:

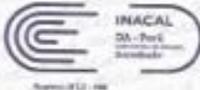
Prohibida la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 12 de agosto del 2019

ANEXO N° 3. Resultados del análisis microbiológicos analizados en el laboratorio Bislab el día 05 de agosto del año 2019.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 108**



INFORME DE ENSAYO N°3857/05/19

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Paola del Rosario Espinoza Hernández
Domicilio legal : Centro Poblado Chanchajalla Mz. A, Distrito de La Tinguiña, Ica.

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua subterránea (agua de pozo).
Identificación de la muestra : Procedencia: C.P de Chanchajalla, MZ. F10, Distrito de la Tinguiña, Ica.
Punto de muestreo: Grifo de descarga del pozo IRHS - 23.
Toma de muestra: 2019-08-09 Hora: 16:40
Responsable de toma de muestra : Solicitante - Rosa Del Carmen Espinoza Hernández.
Forma de presentación : Frasco de vidrio (conservado en cadera de frío).

3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 600 mL
Fecha de recepción : 2019-08-09
Fecha de inicio del ensayo : 2019-08-10
Fecha de término del ensayo : 2019-08-14

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	170
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	79

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros

Método:

Coliformes totales (NMP) : SMEBWA/PA-AWVA-WET, Part 5221 B, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes termotolerantes (NMP) : SMEBWA/PA-AWVA-WET, Part 5221 E-1, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

5. OBSERVACIONES:

- Prohibida la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 14 de agosto del 2019.



Paola del Rosario
Dña. Rosa S. Alvarado Diaz
GERENTE TÉCNICO
C.R.P. N° 9782

Calle Formin Tanguis 150 Urb. San Miguel, Ica - Ica.
© 2019-08-09 | www.bioslab.com.pe
se@bioslab@gmail.com | contacto@bioslab.com.pe

Código: PSE-01
Versión: 03
Fecha: 2019-04-26
Página: 1 de 1

ANEXO N° 4. Informe de ensayo N° 3856 del laboratorio Bioslab el día 05 de agosto del año 2019.

INFORME DE ENSAYO N° 3857 / 05 - 19

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Paola del Rosario Espinoza Hernández
Domicilio legal : Centro Poblado Chanchajalla Mz. A, Distrito de La Tinguiña, Ica.

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua subterránea (agua de pozo).
Identificación de la muestra : Procedencia: C.P de Chanchajalla, MZ. F10, Distrito de la Tinguiña, Ica.
Punto de muestreo: Grifo de descarga del pozo IRHS – 23.
Toma de muestra: 2019-08-05 Hora: 13:40
Responsable de toma de muestra : Solicitante - Rosa Del Carmen Espinoza Hernández.
Forma de presentación : Frasco de vidrio (conservado en cadena de frío).

3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
Fecha de recepción : 2019-08-05
Fecha de Inicio del ensayo : 2019-08-05
Fecha de término del ensayo : 2019-08-12

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	170
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	79

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros

Método:

Coliformes totales (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed, 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes termotolerantes (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed, 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

5. OBSERVACIONES:

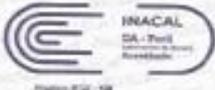
Prohibida la reproducción total y parcial de este Informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
La adulteración o uso indebido del presente Informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 14 de agosto del 2019

ANEXO N° 5. Resultados del análisis microbiológicos analizados en el laboratorio Bislab el día 09 de agosto del año 2019.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 108**



INFORME DE ENSAYO N°3858/09/19

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Paola del Rosario Espinoza Hernández
Domicilio legal : Centro Poblado Chanchajalla Mz. A, Distrito de La Tinguiña, Ica.

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua subterránea (según de pozo).
Identificación de la muestra : Procedencia: C.P de Chanchajalla, MZ. F10, Distrito de la Tinguiña, Ica.
Punto de muestreo: Grifo de descarga del pozo IRHS - 23.
Toma de muestra: 2019-08-10 Hora: 11:04

Responsable de toma de muestra : Solicitante - Rosa Del Carmen Espinoza Hernández.
Forma de presentación : Frasco de vidrio (conservado en cadena de frío).

3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
Fecha de recepción : 2019-08-10
Fecha de inicio del ensayo : 2019-08-10
Fecha de término del ensayo : 2019-08-14

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	33
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	33

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros

Método:

Coliformes totales (NMP) : SNEQW-APHA-AWWA-WEF, Part 821 B, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes termotolerantes (NMP) : SNEQW-APHA-AWWA-WEF, Part 821 E-1, 23rd Ed. 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (2C Medium).

5. OBSERVACIONES:

- Prohibida la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 14 de agosto del 2019.




Dra. Rosa S. Alvarado Diaz
GERENTE TÉCNICO
C.B.P. N° 5782

Calle Fermín Tangus 150 Urb. San Miguel, Ica - Ica.
© 01-86-600981, www.bioslab.com.pe
bioslabw@gmail.com / contact@bioslab.com.pe

Código: T08-01
Versión: 03
Fecha: 2019-04-20
Página: 1 de 1

ANEXO N° 6. Informe de ensayo N° 3857 del laboratorio Bioslab el día 09 de agosto del año 2019.

INFORME DE ENSAYO N° 3858 / 09 - 19

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Paola del Rosario Espinoza Hernández
Domicilio legal : Centro Poblado Chanchajalla Mz. A, Distrito de La Tinguiña, Ica.

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua subterránea (agua de pozo).
Identificación de la muestra : Procedencia: C.P de Chanchajalla, MZ. F10, Distrito de la Tinguiña, Ica.
Punto de muestreo: Grifo de descarga del pozo IRHS – 23.
Toma de muestra: 2019-08-09 Hora: 11:04
Responsable de toma de muestra : Solicitante - Rosa Del Carmen Espinoza Hernández.
Forma de presentación : Frasco de vidrio (conservado en cadena de frío).

3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
Fecha de recepción : 2019-08-09
Fecha de inicio del ensayo : 2019-08-09
Fecha de término del ensayo : 2019-08-12

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	33
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	33

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros

Método:

Coliformes totales (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 B, 23rd Ed, 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes termotolerantes (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 9221 E-1, 23rd Ed, 2017, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

5. OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción total y parcial de este Informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
La adulteración o uso indebido del presente Informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 14 de agosto del 2019

ANEXO N° 8. Informe de ensayo N° 3858 del laboratorio Bioslab el día 12 de agosto del año 2019.

INFORME DE ENSAYO N° 3859 / 12 - 19

1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Paola del Rosario Espinoza Hernández
Domicilio legal : Centro Poblado Chanchajalla Mz. A, Distrito de La Tinguiña, Ica.

2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Agua subterránea (agua de pozo).
Identificación de la muestra : Procedencia: C.P de Chanchajalla, MZ. F10, Distrito de la Tinguiña, Ica.
Punto de muestreo: Grifo de descarga del pozo IRHS – 23.
Toma de muestra: 2019-08-12 Hora: 11:35
Responsable de toma de muestra : Solicitante - Rosa Del Carmen Espinoza Hernández.
Forma de presentación : Frasco de vidrio (conservado en cadena de frío).

3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 500 mL
Fecha de recepción : 2019-08-12
Fecha de inicio del ensayo : 2019-08-12
Fecha de término del ensayo : 2019-08-14

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Bacterias coliformes totales (NMP/100 mL)	38
Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	29

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mililitros

Método:

Coliformes totales (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221 B. 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes termotolerantes (NMP) :SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221 E-1. 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

5. OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.

Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 14 de agosto del 2019

ANEXO N° 9. Toma de muestra para su posterior análisis fisicoquímico, en el pozo IRHS 23 grifo, en el caserío Chanchajalla.



ANEXO N° 10. Toma de muestra para su posterior análisis microbiológico, en el pozo IRHS
23 grifo, en el caserío Chanchajalla



ANEXO N° 11. Análisis de los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de química de la Universidad Privada del Norte.



ANEXO N° 12. Toma de muestra en el pozo IRHS 23 grifo, en el caserío Chanchajalla para su posterior análisis fisicoquímico – 02/08/19



ANEXO N° 13. Toma de muestra en el pozo IRHS 23 grifo, en el caserío Chanchajalla para su posterior análisis fisicoquímico – 09/08/19



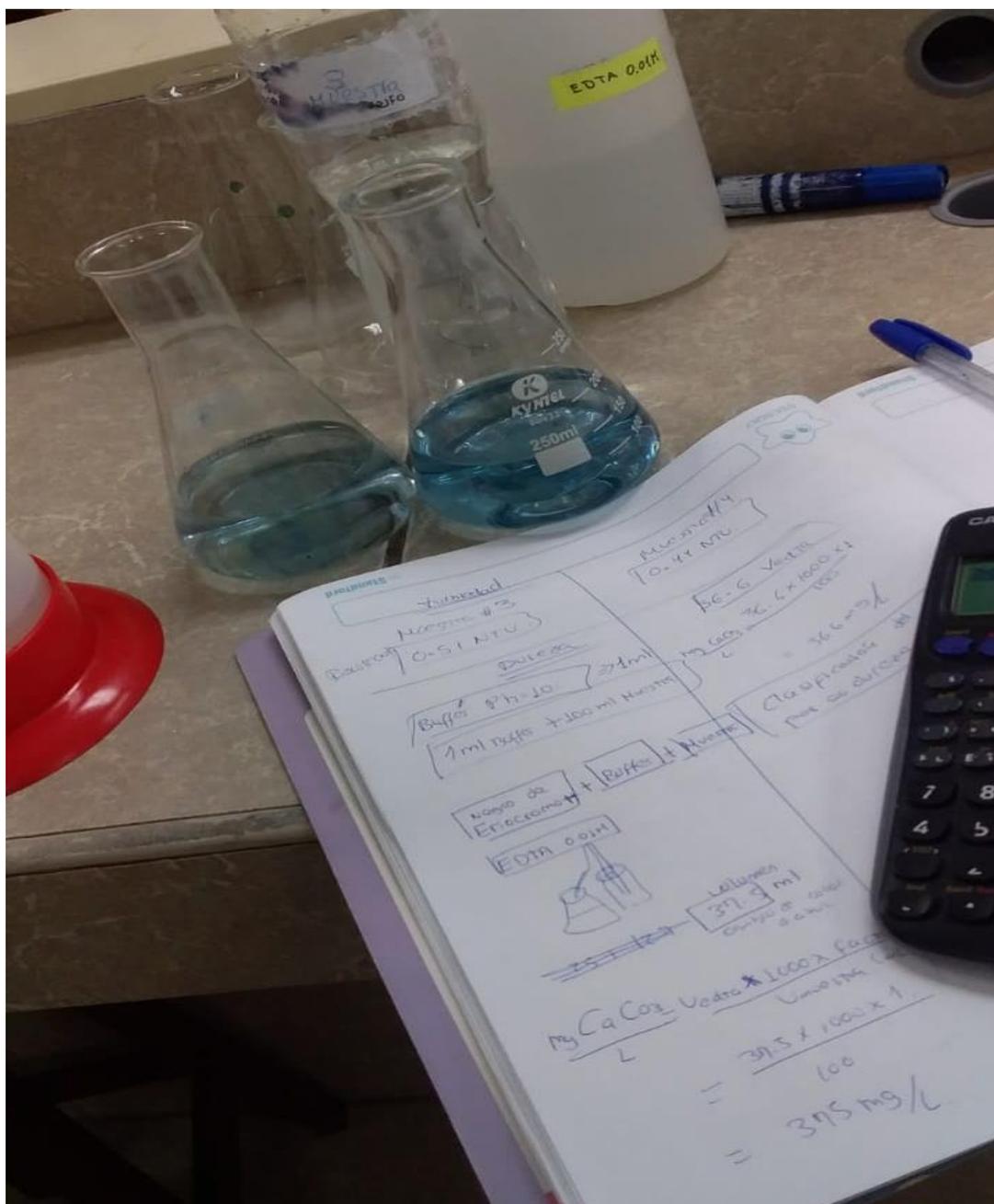
ANEXO N° 14. Toma de muestra en el pozo IRHS 23 grifo, en el caserío Chanchajalla para su posterior análisis fisicoquímico – 12/08/19



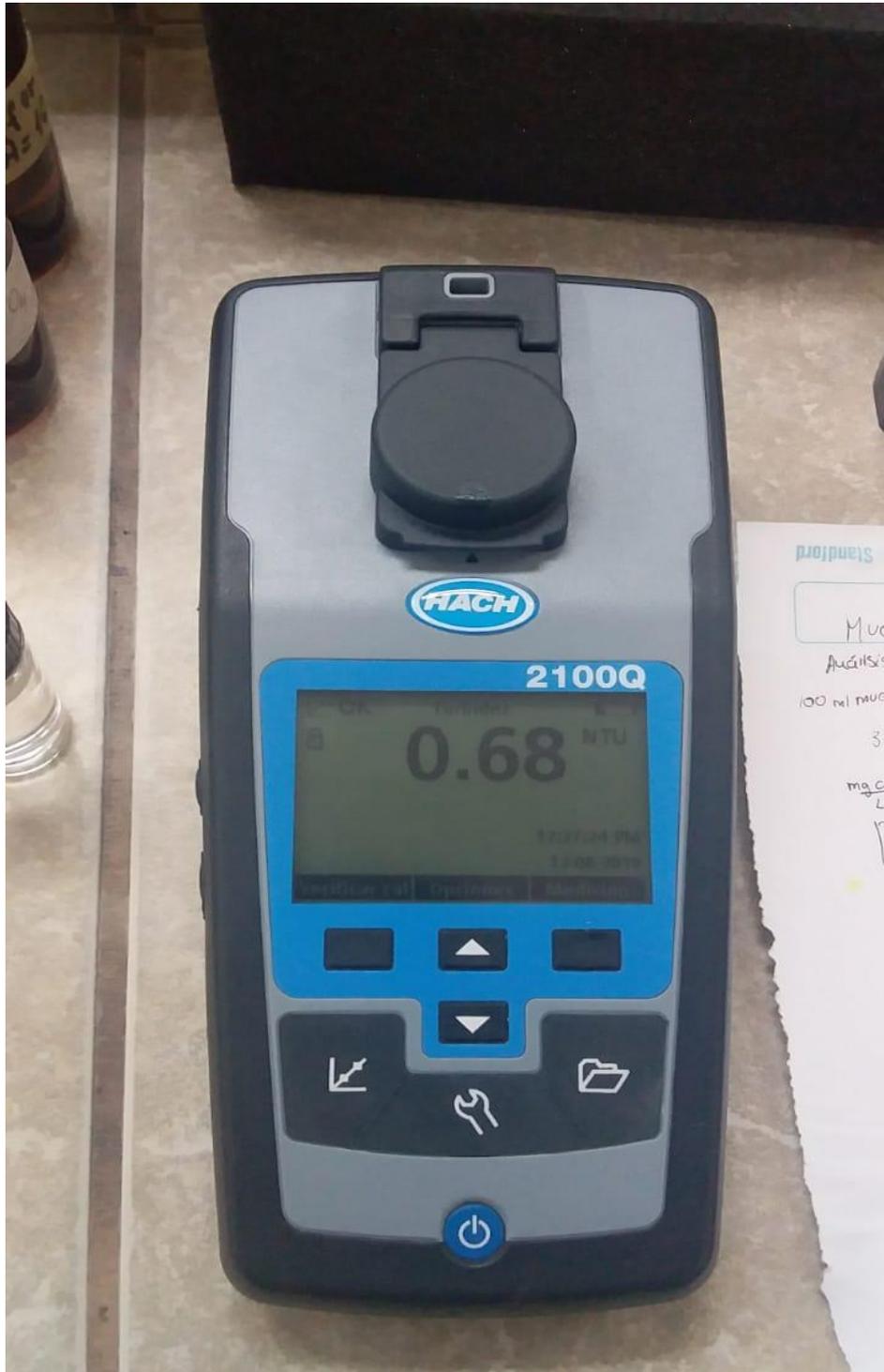
ANEXO N° 15. Toma de muestra en el pozo IRHS 23 grifo, en el caserío Chanchajalla para su posterior análisis microbiológico – 12/08/19



ANEXO N° 16. Análisis físicoquímico de las muestras y toma de datos en el laboratorio de química de la Universidad Privada del Norte.



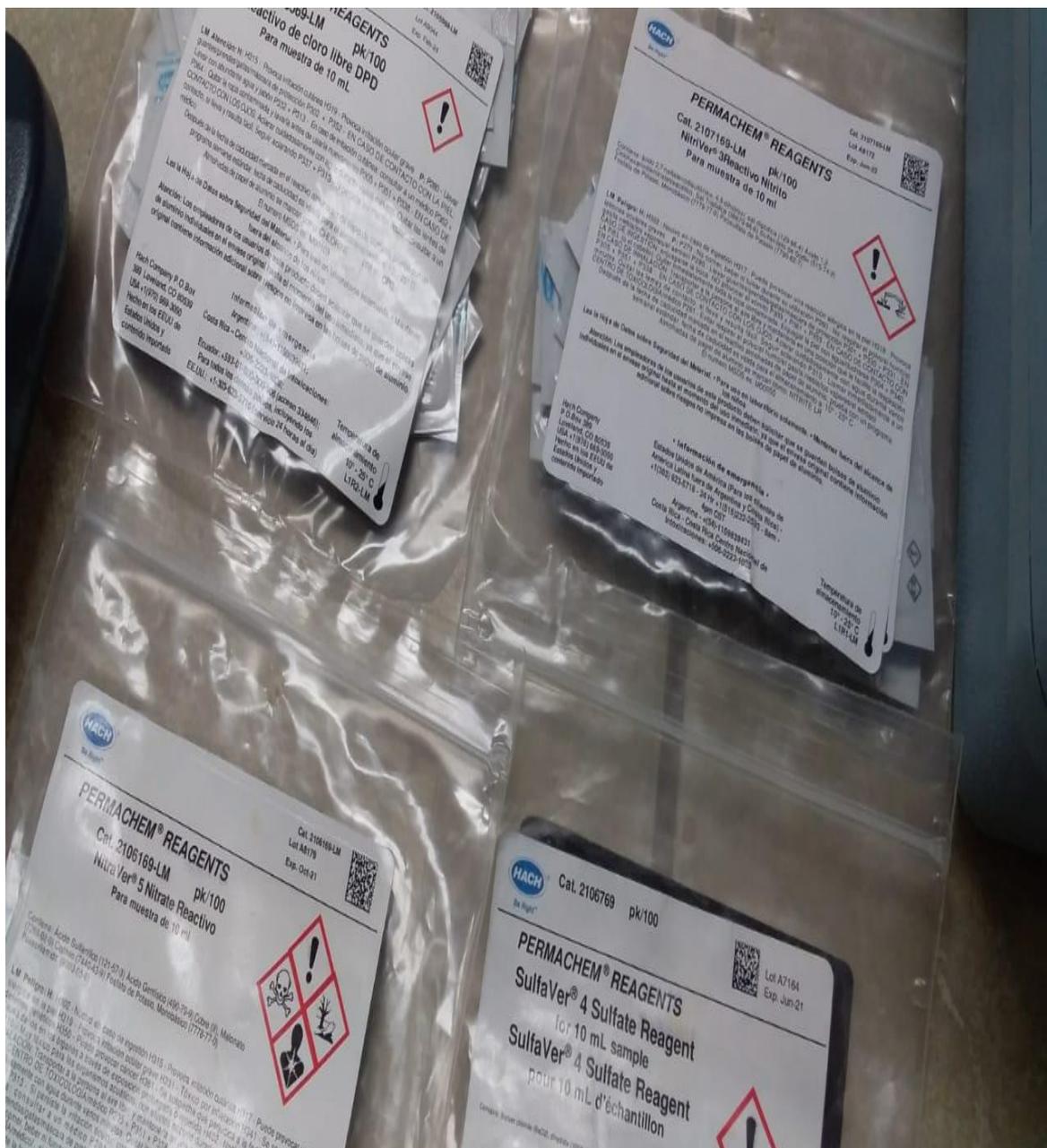
ANEXO N° 17. Análisis fisicoquímico de las muestras en la Universidad Privada del Norte.



ANEXO N° 18. Informe de ensayo N° 3858 del laboratorio Bioslab el día 12 de agosto del
año 2019



ANEXO N° 19. Reactivos para análisis de nitritos, nitratos, sulfatos y dureza, en la
Universidad Privada del Norte.



ANEXO N° 20. Toma de muestra en el pozo IRHS 23 grifo, en el caserío Chanchajalla para su posterior análisis fisicoquímico

