



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT\_2023-FIAS-072

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**Impacto ambiental por el uso de letrinas en la calidad del agua subterránea para uso poblacional en la zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021**

Presentado por:

**MITMA ROMERO, ALFREDO JUNIOR**

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 16%** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO,**

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20153707**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

29 de Noviembre del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
**Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso**  
DIRECTOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**



**TESIS**

**Impacto ambiental por el uso de letrinas en la calidad del agua  
subterránea para uso poblacional en las zonas rurales de la  
Provincia de Ica, Año 2021**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y  
SANITARIO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:  
CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES**

**Presentado por:  
Bach. MITMA ROMERO, ALFREDO JUNIOR**

**ICA-PERU  
2024**

## DEDICATORIA

*A Dios por estar siempre conmigo*

*A mis padres Ana Romero Escalante y Alfredo Mitma Pillaca, por su apoyo y consejo, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles.*

## **AGRADECIMIENTO**

***A mi familia por apoyarme siempre***

*A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” y Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria por albergarme dentro de sus aulas durante los cinco años de estudios de formación académica*

*A los docentes y en especial a mi asesor Dr. Dante Calderón Huamaní, por su gran ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de investigación.*

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice General	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	12
1.1.1. Formulación del problema	12
1.2. ANTECEDENTES	13
1.2.1. Antecedentes a nivel internacional	13
1.2.2. Antecedentes a nivel nacional	14
1.2.3. Antecedentes a nivel local	15
1.2.4. Justificación e importancia de la investigación	15
1.2.5. Marco Teórico	16
1.2.6. Marco Conceptual	18
1.2.7. Marco Legal	19
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	20
2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	20
2.2.1. Población	20
2.2.2. Tamaño de la muestra	21
2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	22
2.3.1. Variable independiente	22
2.3.2. Variable Dependiente	22
2.3.3. Operacionalización de variables	22
2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.4.1. Objetivo general	24
2.4.2. Objetivos específicos	24

2.5. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	24
2.5.1. Hipótesis principal	24
2.5.2. Hipótesis específicas	24
2.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	24
2.6.1. Técnicas	24
2.6.2. Instrumentos	25
2.7. ANÁLISIS Y TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	25
III. RESULTADOS	26
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	26
3.2. PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS EN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	27
3.2.1. Parámetros bacteriológicos	43
3.3. IDENTIFICACIÓN DE LA CAPATACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN POZOS EN LAS ZONAS RURALES	44
IV. DISCUSIÓN	45
4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos	45
4.1.2. Captación de la calidad del agua subterránea en la Potabilización del agua en pozos en las zonas rurales de Ica	46
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	48
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Zonas rurales localizadas del ámbito de estudio	21
Tabla 2. Operacionalización de variables	23
Tabla 3. Zona rural el color de calidad del agua subterránea	27
Tabla 4. Zona rural el olor y sabor de calidad del agua subterránea aceptable	28
Tabla 5. Zona rural pH de calidad del agua subterránea	29
Tabla 6. Zona rural el Cloruro en la calidad del agua subterránea	30
Tabla 7. Zona rural el sulfato en la calidad del agua subterránea	31
Tabla 8. Zona rural el nitrato en la calidad del agua subterránea	32
Tabla 9. Zona rural el calcio en la calidad del agua subterránea	33
Tabla 10. Zona rural el magnesio en la calidad del agua subterránea	34
Tabla 11. Zona rural los sólidos suspendidos totales en calidad del agua subterránea	35
Tabla 12. Zona rural en aluminio en la calidad del agua subterránea	36
Tabla 13. Zona rural en cobre en la calidad del agua subterránea	37
Tabla 14. Zona rural en zinc en la calidad del agua subterránea	39
Tabla 15. Zona rural en sodio en la calidad de agua subterránea	40
Tabla 16. Zona rural en la turbiedad en la calidad del agua subterránea	41
Tabla 17. Zona rural en amoníaco en la calidad del agua subterránea	42
Tabla 18. Zona rural en coliformes en la calidad del agua subterránea	43

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de los distritos de Ica y mapa del Perú	26
Figura 2. Mapa satelital Tierra prometida-Ica	26
Figura 3. pH de muestras en zonas rurales-provincia de Ica	29
Figura 4. Cloruros de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	30
Figura 5. Sulfatos de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	31
Figura 6. Nitratos de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	32
Figura 7. Calcio de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	33
Figura 8. Magnesio de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	34
Figura 9. Sólidos suspendidos totales de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	35
Figura 10. Aluminio de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	36
Figura 11. Cobre de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	37
Figura 12. Zinc de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	39
Figura 13. Sodio de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	40
Figura 14. Turbiedad de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	41
Figura 15. Amoniaco de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	42
Figura 16. Coliformes totales de las muestras en zonas rurales-provincia de Ica	43

## RESUMEN

**Objetivo**, fue explicar que el impacto ambiental por el uso de letrinas en la calidad del agua subterránea perjudica en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021. **Material y Métodos** “el estudio realizado de tipo observacional-prospectivo-longitudinal, nivel descriptivo, diseño experimental, la investigación aplicada”. **Resultados**, características de las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, consideradas en el estudio en un total de 8 muestras: Color, incoloro; olor, aceptable y sabor aceptable se encuentran dentro de los parámetros de aceptación; pH (7.12 a 7.43); cloruro (25.67 a 120.76) mg/L; sulfatos (110 a 130) mg/L; nitratos (0.01 a 0.03) mg/L; calcio (10-20) mg/L; magnesio (20.00 a 40) mg/L; solidos disueltos totales (110 a 120) mg/L; aluminio (0.05 a 0.08) mg/L; cobre (0.5 a 0.6) mg/L; zinc (0.00 a 0.00) mg/L; sodio (1.0 a 1.5) mg/L; turbiedad (0.01 a 0.02) mg/L; amoníaco (0.1 a 0.2) mg/L. Para los coliformes totales y termotolerantes, están dentro de los LMP en las 8 muestras. **Discusión**, se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS. **Conclusión**, los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en el agua subterránea.

**Palabras Claves:** Letrinas, aguas subterráneas, zonas rurales.

## SUMMARY

**Objective** was to explain that the environmental impact of the use of latrines on the quality of groundwater harms population consumption in rural areas of the Province of Ica, Year 2021. **Material and Methods** "the study carried out of an observational-prospective type-longitudinal, descriptive level, experimental design, applied research". **Results**, characteristics of the samples M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 and M8, considered in the study in a total of 8 samples: Color, colorless; odour, acceptable and acceptable taste are within the acceptance parameters; pH (7.12 to 7.43); chloride (25.67 to 120.76) mg/L; sulfates (110 to 130) mg/L; nitrates (0.01 to 0.03) mg/L; calcium (10-20) mg/L; magnesium (20.00 to 40) mg/L; total dissolved solids (110 to 120) mg/L; aluminum (0.05 to 0.08) mg/L; copper (0.5 to 0.6) mg/L; zinc (0.00 to 0.00) mg/L; sodium (1.0 to 1.5) mg/L; turbidity (0.01 to 0.02) mg/L; ammonia (0.1 to 0.2) mg/L. For total and thermotolerant coliforms, they are within the LMP in the 8 samples. **Discussion**, it can be stated that it is within the maximum permissible limits established by the Ministry of Health of Peru and the World Health Organization - WHO. **Conclusion**, the physicochemical and bacteriological parameters are within the maximum permissible limits in groundwater.

**Keywords:** Latrines, groundwater, rural areas

## I. INTRODUCCIÓN

El problema del alcantarillado y las aguas residuales domésticas es la causa fundamental del deterioro de la calidad del agua potable en diferentes comunidades alrededor del mundo, donde en los últimos años esta destrucción ambiental ha llamado la atención de la ciudadanía y de organismos internacionales, quienes afirman la necesidad de cuidar y proteger los recursos hídricos a partir de métodos y modelos para el establecimiento de indicadores de calidad del agua. Estos procesos son aceptados por todos los estados y en función de estas recomendaciones se diseñan e implementan políticas públicas para proteger los recursos hídricos. Las intervenciones de diversas agencias gubernamentales y no gubernamentales enfatizan la necesidad de orientar los programas de tratamiento de aguas residuales, ya que los grupos de población más pobres son aquellos cuyas condiciones no son favorables para su manejo, y existen defectos en el mantenimiento de la calidad del agua potable. El agua subterránea ha sido utilizada por los seres humanos durante muchos años para satisfacer diversas necesidades fisiológicas, asimismo, la incorporo para regar su cultivo, extendiéndose su uso para abastecer a las grandes industrias creadas por el hombre. Sin embargo, el agua subterránea está bajo presión ya que la extracción parece ser muy alta en relación con la tasa de reabastecimiento. Actualmente las zonas rurales de la provincia de Ica, no tiene servicio de agua potable y alcantarillado, su sistema de desagüe lo realizan mediante silos o letrinas que son construidas artesanalmente, pero que generan contaminación a los acuíferos o pozos que son utilizados para extraer las aguas que se encuentran en estos acuíferos. Por lo tanto, la investigación está estructurada en capítulos:

Capítulo I: Describe la situación problemática “el impacto ambiental por el uso de letrinas en la calidad del agua subterránea perjudica en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica”. “Se ha revisado los antecedentes internacionales, nacionales y locales, que ha permitido determinar la justificación e importancia de la investigación, asimismo, se han revisado fuentes bibliográficas para elaborar las bases teóricas, el marco conceptual”, considerando la base de datos de MyLOFT.

Capítulo II: “El enfoque metodológico de la investigación es de tipo observacional-prospectiva-transversal, nivel descriptivo y diseño experimental”. Se identificó como población la zona rural de la provincia de Ica y “el tamaño de la muestra, se determinó mediante muestreo probabilístico”. “La técnica empleada fue la observación y el instrumento”, la cadena de custodia donde se registró los datos y el análisis fisicoquímico y bacteriológico”.

Capítulo III: Se indicó que el impacto ambiental por el uso de letrinas en la calidad del agua subterránea en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, está en base al informe entregado por el laboratorio acreditado Envirotest S.A.C.

Capítulo IV: En base a las tablas estadísticas derivados de “los resultados del monitoreo de la calidad de agua del subsuelo en la zona rural en la provincia de Ica, se ha realizado la discusión de resultados”.

En los Capítulos V y VI; “se indican las conclusiones y recomendaciones y en el capítulo VII se señalan las referencias bibliográficas”.

## **1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Aunque el agua es el elemento más frecuente en la tierra, únicamente el 2.53 % del total es agua dulce y el resto es agua salada, siendo gran parte de esta agua subterránea, y propensa a contaminarse, es especial si son superficiales.

Las aguas residuales plantearán el mayor problema con que se enfrentará la humanidad en los próximos años. En los países con escasas disponibilidades de agua dulce, la situación se volverá más aguda. Las aguas residuales producen una serie de alteraciones en los cursos y planos de agua debido a los diversos productos que contienen, y a que las áreas receptoras son cada vez menos capaces de asimilar.[1]

En el Perú de las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento (EPS) que brindan el servicio de alcantarillado, solo se brinda cobertura al 69,65% de la población urbana, la población no cubierta vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento al mar, ríos, lagos, quebradas o las emplean para el riego de cultivos, estos contaminan los cuerpos de agua natural, a su vez por infiltración en el sub suelo contaminan las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de la población así como para la flora y fauna del lugar (OEFA, 2019).[2]

Actualmente en los asentamientos humanos en la ciudad de Ica, en su mayoría no cuentan con agua potable conectado a los servicios públicos de EMAPICA, es por eso que su fuente de abastecimiento son pozos de tipo sedimentación. El sistema de desagüe está atendido por silos o letrinas que se construyen artesanalmente y se ubican cerca a los pozos domésticos de agua, siendo inevitable la contaminación a las aguas de los pozos existentes, que los pobladores han construido para la extracción de agua subterránea.

“Las letrinas de pozo son uno de los sistemas de eliminación de excretas humanas más comunes en los países de bajos ingresos, y su uso va en aumento a medida que los países buscan alcanzar la meta relacionada con el saneamiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio”. Sin embargo, “existe la preocupación de que las descargas de contaminantes químicos y microbianos de las letrinas de pozo al agua subterránea puedan afectar negativamente la salud humana en especial en áreas periurbanas hay un incremento del uso de letrinas de hoyo seco”[3].

### **1.1.1. Formulación del problema**

### **1.1.1.1. Problema general**

¿Como el impacto ambiental por el uso “de letrinas en la calidad del agua subterránea” perjudica en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021?

### **1.1.1.2. Problemas específicos**

**PE1:** ¿Como los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicas “en la calidad del agua subterránea” contribuye en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021?

**PE2:** ¿Como el uso de “letrinas en la calidad del agua subterránea” afecta en la potabilización del agua en pozos en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021?

## **1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Antecedentes internacionales**

*Cajas & Rengifo*, “Manejo de agua residuales y excretas para las comunidades rurales. Efectos en la salud pública. Realiza una revisión bibliográfica en relación a los elementos conceptuales del manejo de las aguas residuales y excretas que impactan los factores físicos, químicos y de salud”[4], también *Cajas & Rengifo*, “realizaron una revisión del manejo de aguas residuales en Latinoamérica y Colombia, revisó las tecnologías de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales. Concluye que el tratamiento de aguas residuales afecta a la salud pública y el medio ambiente”[4].

Según, *Almanza*, “realizo una valoración global de los acuíferos suspendidos, reviso aspectos de la NOM 127-SSA-1994 e indicadores de calidad del agua para el sector agrícola e industrial y para el consumo humano, para analizarlo utilizo la metodología “DRASTIC”[5]. Continua, *Almanza* que, “los resultados indican que existe calidad no apta para los acuíferos suspendidos que, para los acuíferos medios y profundos, pero en el acuífero somero es adecuado el uso del agua para actividades agrícolas”[5], “en contraste al uso del agua poblacional e industrial

donde presenta una mala calidad, pero el acuífero mediano y profundo tiene principalmente agua de buena calidad para tres usos”.

*Gutiérrez et al.*, La investigación titulada “donde el objetivo consistió en describir la calidad del agua de 32 pozos profundos del sector centros occidentales del municipio Miranda del estado Zulia, destinados a uso doméstico y/o riego”[6]. “Se tomó 3 muestreos en pozos públicos y privados, con una duración de dos meses. Los parámetros que se analizaron: pH, color, turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, cloruro, sulfato, sodio, dureza total, hierro total, manganeso total, bacterias coliformes totales y fecales, y metales traza”[6].

Según, *Ndoziya et al.*, realizaron “un estudio en el asentamiento periurbano de Hopley en la ciudad de Harare, donde se utilizaron predominantemente letrinas de hoyo seco para la eliminación de excretas”[7]. Continúan los investigadores Ndoziya et al., que. “A partir del análisis de las muestras de agua, observaron que, en promedio, solo el 63% y el 48% de las muestras cumplían con los estándares de calidad del agua potable”, “establecidos por las directrices de la Organización Mundial de la Salud y los límites de la Asociación de Normas de Zimbabwe”

### 1.2.2. Antecedentes nacionales

Según, *Castillo*, “Referencio 85 pozos perforados donde se extrae agua para actividades productivas en bananeras, recolecto la información mediante encuestas, fichas de datos y mediciones de parámetros físicos, microbiológicos y metales pesados como Cd, Pb, Hg, Cu, Mn y Fe”[8] Continúa Castillo, “Determino que el 63% de las aguas nos son aptas para consumo humano por la presencia de CT, pero es apta para la producción agrícola/pecuaria; los metales Cd, Hg y Fe se encuentran por debajo de los LMP para uso agrícola/humano, pero el Pb supera los LMP”[8].

Según, *Carmena & Crespo*, “indican que la mayoría de aguas subterráneas deberían ser evaluadas antes de su consumo”[9]. De tal manera; *Pruss et al*, afirman que “en diversos estudios nacionales e internacionales el agua potable ha demostrado déficit de cobertura y la mala calidad principalmente en las zonas rurales por falta de información, se estima que cada año mueren 1.8 millones de personas (90% son niños menores de 5 años)”[10], continúan *Pruss et al*, “debido

a problemas relacionados con la calidad del agua, en el Perú el abastecimiento de agua potable se incrementó en zonas rurales un 67% (2017), por ello en gran parte del país aún se hace uso de tecnologías primitivas para la obtención del agua, como pozos artesanales y otros”.

Según, **Callo**, “analizo el impacto de las letrinas en los parámetros de pH, CE, TC y FC de los pozos de agua, muestreando 10 pozos, teniendo en cuenta el tipo de construcción del pozo y la distancia a la letrina[11]”. Continúa **Callo**, “Los análisis de pH y CE se analizaron con el método de análisis de agua: APHA, AWWA; CT con diluciones seriadas y CF con tubos múltiples. Los parámetros físicos; pH, CE cumplen con los valores para consumo humano (ECA)”[11], “los análisis microbiológicos de CT y CF, en cuatro pozos son aptos y en seis pozos presentan contaminación microbiológica con CF y CT. Concluye que las letrinas tienen efectos significativos en los parámetros de CT y CF”.

### **1.2.3. Antecedentes locales**

Se ha revisado las fuentes bibliográficas y no se han encontrado investigaciones relacionadas.

### **1.2.4. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.2.4.1. Justificación**

La población a nivel está incrementándose a un ritmo acelerado, por lo tanto, es necesario que la cantidad y calidad del agua sea apta para consumo humano. Asimismo, muchos países en vías de desarrollo presentan comunidades rurales muy pobres que padecen de escases de agua y se abastecen directamente de ríos, arroyos y estanques, es decir, utilizan directamente las fuentes, sin tratamiento, la misma que puede estar contaminada con heces, que le produce enfermedades transmitidas por el agua, que constituye una causa importante de morbilidad y mortalidad. Hoy en día, el sistema de captación de agua potable de agua potable en la provincia de Ica es deficitario, porque no ha existido una inversión en el mantenimiento de pozos, la mayoría de los pozos extraen agua subterránea la misma que abastece el consumo poblacional. Asimismo, muchas zonas rurales de la provincia no tienen redes y conexiones de agua potable y alcantarillado, por lo que el saneamiento se realiza en

mismo lugar para eliminar las excretas y aguas residuales a través de pozos sépticos o letrinas que tienen efectos de contaminación microbiana en los acuíferos.

#### **1.2.4.2. Importancia**

El agua, fuente de vida y derecho humano fundamental, es el elemento central de una crisis a la que se enfrentan millones de personas diariamente y que se agrava en las zonas más vulnerables del planeta.[12] En las zonas rurales, aún existen deficientes sistemas de ya que todavía siguen usando letrinas, lo que determinan que las aguas subterráneas sean vulnerables a esta clase de contaminación por la presencia de patógenos microbianos, por lo que la contaminación fecal constituye un fuerte impacto a estos suministros de agua para las zonas menos abastecida y de bajo ingresos económicos. Por lo tanto, es importante la evaluación continua de la calidad microbiana del agua de los pozos, para diseñar y ejecutar estrategias de gestión ambiental que garantice que estas fuentes de agua presenten cantidad y calidad que permita el consumo poblacional.

#### **1.2.5. Marco teórico**

##### **1.2.5.1. Letrinas**

*CONAGUA*, “La letrina es una instalación sanitaria que, con mínimos conocimientos técnicos, puede instalarse en lugares adecuados para el confinamiento y tratamiento de las excretas humanas”[13], también “la letrina es el lugar destinado a la evacuación de las heces y los orines, y a la eliminación del material empleado en la limpieza anal, según la unidad de apoyo técnico al saneamiento básico rural cumplen especificaciones técnicas” (OPS/CEPIS, 2003), actualmente, *Knappet et al.*, “las mejoras tecnológicas han acompañado a un cambio gradual de cielo abierto a letrinas sanitarias más consistentes en anillos de cimentación de hormigón para evitar la fuga de heces humanas en el campo abierto”[14].

##### **1.2.5.2. Pozo séptico**

*CONAGUA*, “El tanque o pozo séptico es un depósito de uno o más compartimentos, impermeable, de escurrimiento continuo y forma rectangular o cilíndrica que recibe, además de la excreta y agua residual

provenientes de los inodoros, aguas grises de origen doméstico”[13]. “Su construcción es generalmente subterránea y puede hacerse de piedra, ladrillo, concreto u otro material resistente a la corrosión”.

#### **1.2.5.3. Agua subterránea**

Según *Herrera & Panta.*, las aguas subterráneas “son las que ocupan todos los vacíos dentro del estrato geológico, comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático. Estas aguas, son muy importantes, especialmente en los lugares seco, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año”[15], continúan *Vélez et al.*, explican que: “es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales”[16].

#### **1.2.5.4. Pozo de agua**

*CONAGUA*, “Es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea una reserva de agua subterránea del nivel freático”[13].

#### **1.2.5.5. Calidad microbiológica del agua**

*OMS*, “La calidad microbiológica del agua se define en relación a las características variables microbiológicas o bacteriológicas, en la mayoría de los casos, conlleva el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal”[17]. Según el reglamento de calidad de agua *DIGESA* “los parámetros de control obligatorio para la calidad de agua incluyen los coliformes totales y termotolerantes, como parámetros microbiológicos, además indica que en caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes”, “el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal”[18].

#### **1.2.5.6. Consumo humano**

“La potabilidad del agua solo puede determinar por medio de las pruebas físicas, químicas y bacteriológicas de la misma”[19]. “El termino calidad de agua está vinculado con aquellas características físicas, químicas y biológicas, por medio de las cuales pueden determinarse si el agua es

adecuada para el uso o consumo humano” [19]. Además, “por muy bajo que sea el grado de claridad o turbiedad, de dureza o suavidad; ningún agua que haya sido contaminada por aguas residuales o materias fecales podrá considerarse como de buena calidad” [19].

#### **1.2.5.7. Saneamiento y salud**

En Latino América y el Caribe, una de las dificultades sanitarios más álgidos es la descarga sin control de aguas negras sin depuración alguna, que impacta y contaminan las aguas subterráneos y superficiales. En muchos países las aguas residuales que son regeneradas no cuentan con adecuado tratamiento.[20]

En muchos casos los alcantarillados y la inadecuada disposición de excretas contamina el agua que ya fue potabilizada, y el consumo de alimentos regados con esa agua contaminada, origina un sin número de enfermedades gastrointestinales y diarreicas, colocándolas dentro de las tres causas de mortandad en Latino América.[20]

#### **1.2.6. Marco Conceptual**

##### **Antrópico:**

Significa “humano”; es todo aquello que tiene que ver con los seres humano ya que engloba a todas las modificaciones que sufre la naturaleza por causa de la acción humana.[12]

##### **Aguas Residuales Domesticas (ARD):**

Esta agua contiene cantidad de agentes contaminantes y gérmenes lo que obliga a evacuarlas de forma segura, tanto para las personas, como para el medio ambiente (Sedapar, 2019)[2]

##### **Coliformes Termotolerantes (CTE):**

Denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 ° C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen.[2]

##### **Punto de muestreo:**

Es el lugar (punto o área determinada) de la fuente de agua donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad.[12]

### **Organismos patógenos**

Los organismos patógenos, son agente que originan infección en un huésped vivo. los microorganismos patógenos que tienen la actividad idónea para infectar humanos en situaciones adecuadas, se cuentan ciertas algas, hongos, virus y bacterias así como organismos helmínticos y protozoarios.[20]

#### **1.2.7. Marco legal**

- “La Autoridad de Salud a nivel nacional para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, ejerce a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)”[21] donde el reglamento se enmarca dentro de la política nacional de salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842[22] – “Ley General de Salud.
- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA”[11];, la gestión de la calidad del agua para “consumo humano garantiza su inocuidad y se rige específicamente en lineamientos de política nacional de calidad del agua para consumo humano, además de elaborar las guías y protocolos para el monitoreo y análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua”[23], para consumo humano (anexo 1) y (tabla 3) (DIGESA/Ministerio de Salud, 2011).”[24].
- D.S. N° 006 – 2015 - MINAGRI, se aprueba la Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos (en adelante PENRH), en cumplimiento de los artículos 66°, 67° y 69° de la constitución Política del Perú y en concordancia con la normativa vigente sobre recursos hídricos.[12]
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Disposiciones Complementarias-Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM[20]
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. - Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.[20]

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- **Tipo de investigación:** *Supo*, “El tipo de investigación empleada es aplicada, debido a que se cuenta con información teórica para generar nuevos conocimientos y resolver conflictos y sucesos de la realidad, así con esta información se busca validar o refutar las hipótesis planteadas”[25].
- **Nivel de investigación**  
“El nivel de investigación es de carácter descriptivo, se describe los resultados obtenidos en el campo, se siguió por las características propias del estudio, por el problema, por los objetivos y por las preguntas directrices a las que se dio respuesta sin ninguna manipulación de alguna variable de estudio” [25].
- **Diseño de la investigación**  
“El diseño de investigación que presenta el estudio de investigación es experimenta-trasversal” [25].

### 2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 2.2.1. Población

Está representada por las letrinas instaladas en asentamientos humanos en la zona rurales de la provincia de Ica:

- AAHH Los Pollitos (25 letrinas),
- Oscar Sánchez Dulanto (25 letrinas),
- Keiko Sofia (25 letrinas),
- Nueva esperanza (50 letrinas),
- Tierra prometida (50 letrinas)
- San Martin de Porras (25 letrinas)

**Total de 200 letrinas**

### 2.2.2. Tamaño de muestra

Se determinó el tamaño de la muestra por cada zona rural de 25 letrinas, se tomó, como muestra 1 letrina por 04 vivienda ya que las fuentes de abastecimiento de agua es por vivienda el cual consta con su propia fuente como son pozos tipo sedimentación, pozos tubulares entre otros de los cuales sacamos un promedio para el cálculo de la cantidad de integrantes por familia” [25].

### Puntos de muestreo

Para los puntos muestreo se consideraron la ubicación de las fuentes de abastecimiento para consumo humano (pozos) y el número de muestras a tomar, previo estudio de las facilidades de acceso y medio de transporte hasta el punto de muestreo, teniendo en cuenta el uso actual y futuro de los mismos que actualmente vienen consumiendo la población.

Tabla 2

Zonas rurales localizadas del ámbito de estudio

Puntos muestreo	Zona rural	Ámbito de estudio		
		Letrinas	Pozo	Muestra
M1	AAHH Los Pollitos	25	1	4 familias
M2	Oscar Sánchez Dulanto	25	1	4 familias
M3	Keiko Sofia	25	1	4 familias
M4	Nueva esperanza	50	1	4 familias
M5	Nueva esperanza		1	4 familias
M6	Tierra prometida	50	1	4 familias
M7	Tierra prometida		1	4 familias
M8	San Martin de Porras	25	1	4 familias

## 2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. Variable independiente

#### “Letrinas en la calidad del agua subterránea”. -

“La letrina es una instalación sanitaria que, con mínimos conocimientos técnicos, puede instalarse en lugares adecuados para el confinamiento y tratamiento de las excretas humanas”[23].

“El agua subterránea es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para comunidades sin saneamiento, pero ésta puede incluir contaminación microbiana”[11], así como de “sustancias químicas que pueden dispersarse a través del acuífero por el movimiento natural del agua denominada como infiltración por lo cual, al ser consumida puede tener consecuencias en la salud humanas”[11].

### 2.3.2. Variable dependiente

Consumo poblacional- “El agua libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud se denomina potable o apta para consumo humano” [19]. “La calidad del agua para consumo humano es la caracterización física y química de sus muestras, comparándola con normas y estándares de calidad (ONU, 2016) que permiten su consumo de manera segura”[26]. “La calidad del agua para consumo humano puede evaluarse mediante una amplia variedad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos” [27].

### 2.3.3. Operacionalización de variables

Se detalla en la tabla1 adjunta

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
<b>VI: “Letrinas en la calidad del agua subterránea”</b>	“La letrina es una instalación sanitaria que, con mínimos conocimientos técnicos, puede instalarse en lugares adecuados para el confinamiento y tratamiento de las excretas humanas[23].	<b>DI,2:</b> Parámetros físico-químicos y bacteriológicos	<b>ID,1,1:</b> Decreto Supremo N° 031-2010-SA
<b>VD: Consumo poblacional</b>	“El agua libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud se denomina potable o apta para consumo humano” [19]. “La calidad del agua para consumo humano es la caracterización física y química de sus muestras, comparándola con normas y estándares de calidad (ONU, 2016) que permiten su consumo de manera segura”[26]. “La calidad del agua para consumo humano puede evaluarse mediante una amplia variedad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos” [27].	<b>DD,1:</b> Potabilización del agua en pozos	<b>ID,1,1:</b> Resolución de Gerencia General N°03-2017-GG-EPS. EMAPICA S.A.

## **2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. Objetivo principal**

Explicar que el impacto ambiental por el uso de letrinas en la calidad del agua subterránea perjudica en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021.

### **2.4.2. Objetivos Específicos**

**OE1:** Indicar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicas en la calidad del agua subterránea contribuye en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021.

**OE2:** Identificar que el uso de “letrinas en la calidad del agua subterránea” afecta en la potabilización del agua en pozos “en las zonas rurales de la Provincia” de Ica, Año 2021.

## **2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.5.1. Hipótesis principal**

El impacto ambiental por el uso de letrinas en la calidad del agua subterránea perjudica en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021.

### **2.5.2. Hipótesis Específicas**

**HE1:** Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicas en la calidad del agua subterránea contribuye en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021.

**HE2:** El uso de letrinas en la calidad del agua subterránea afecta en la potabilización del agua en pozos en las zonas rurales de la Provincia de Ica, Año 2021.

## **2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **2.6.1. Técnicas de recolección de datos**

*Cabeza et al.*, [28] “Se emplearon tres procedimientos para la obtención de datos: observacional, obtención de información y generación de nuevos conocimientos”.

***Identificación del área de investigación:***

- “La observación empleada en el campo de estudio;
- La obtención de información,
- “Generación de nuevos conocimientos, mediante el procesamiento y revisión de los datos de análisis”[29]. Según, *Lima*.

#### **2.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

- Formatos de Recolección de datos
- Fichas de laboratorio
- Cadena de custodia

### **2.7. ANÁLISIS Y TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

Para el procesamiento de datos se empleará el MS Excel que se registraran en tablas y gráficos ilustrativos.

#### **Análisis e interpretación de datos**

La documentación que se realizara será encausada mediante el software Excel.

### III.- RESULTADOS

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La delimitación del área de estudio se ubica en varios asentamientos humanos del distrito de Ica, Provincia de Ica, departamento de Ica – Perú, a una altitud de 406 msnm (Figura 1), de coordenadas UTM 14°04'00"S 75°44'00"O

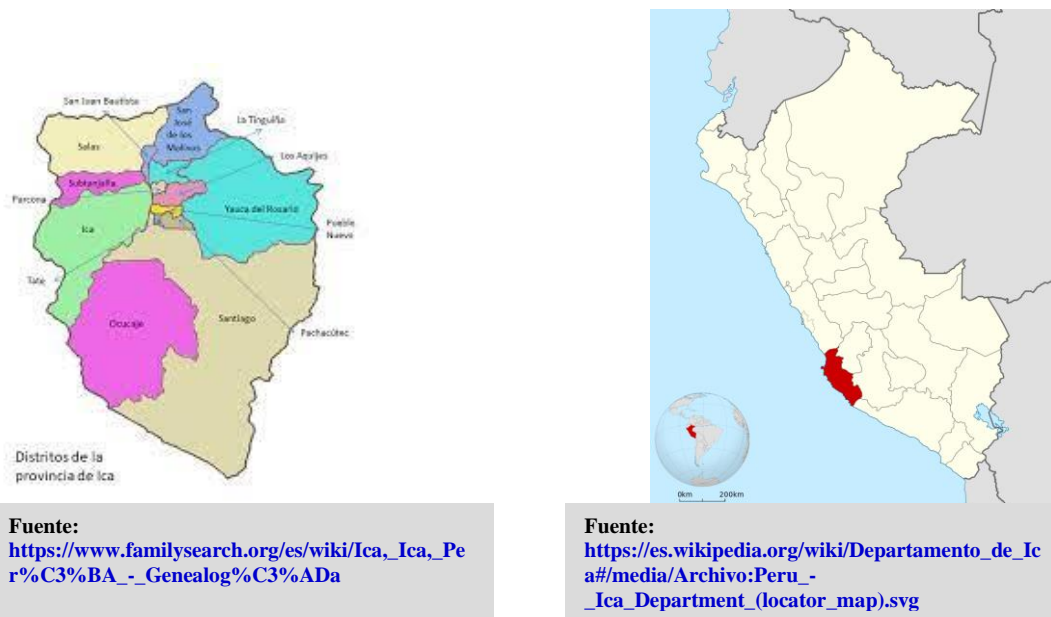


Figura 1: Mapa de los distritos de Ica y mapa del Perú



Figura 2: Mapa satelital tierra prometida-Ica

### 3.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICAS EN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL CONSUMO POBLACIONAL EN LAS ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA DE ICA

Los resultados emitidos por los laboratorios, tanto del análisis fisicoquímico y bacteriológico, se muestran en las siguientes tablas, a fin de realizar el análisis correspondiente de acuerdo con las normas vigentes establecidas.

#### 3.2.1 Parámetros de calidad organolépticas

##### *Color*

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un color (inoloro), en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3

Zona rural el color de calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
<b>Color</b>	<b>cvPt/Co</b>	1	1.1	0.9	1	1	1.1	1.1	0.9	<b>15</b>

En la tabla 3, se observó proporción de contaminación de las fuentes de abastecimiento de consumo humano; donde se “llegó a determinar, que todas muestras dieron como resultados estuvieron por debajo de la norma de un total de 8 muestras, estas no mostraron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ )” ; lo cual indica la “proporción de contaminación del agua de consumo entre la fuente de abastecimiento se evidencia una semejanza, pero aritméticamente no se observa variación”. Donde nos indicó que están dentro del rango permisible.

### ***Olor y Sabor***

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un olor (aceptable) y sabor (aceptable), en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 4.

Tabla 4.

Zona rural el olor y sabor de calidad del agua subterránea aceptable

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Olor	----	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	<b>Aceptable</b>
Sabor	----	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	<b>Aceptable</b>

En la tabla 4, se observó proporción bajísima de contaminación de las fuentes de abastecimiento de consumo humano; donde se “llegó a determinar, que todas muestras dieron como resultado (aceptable) tanto para el olor y sabor, de un total de 8 muestras, estas no mostraron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ )” ; lo cual indica la “proporción bajísima de contaminación del agua de consumo entre la fuente de abastecimiento se evidencia una semejanza, pero aritméticamente no se observa variación”. Donde nos indicó que están dentro del rango permisible.

### *pH*

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un pH (7.12-7.43), en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5

#### Zona rural pH de calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
<b>PH</b>	<b>Valor de pH</b>	7.15	7.43	7.20	7.35	7.35	7.32	7.32	7.12	<b>6.5-8.5</b>

El pH total en aguas de pozos las zonas rurales esta entre 7.12 a 7.43, no muestra diferencia significativa para esta variable, puesto que, el pH en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (6.5-8.5). Y en la figura 3 sigue una tendencia significativa.

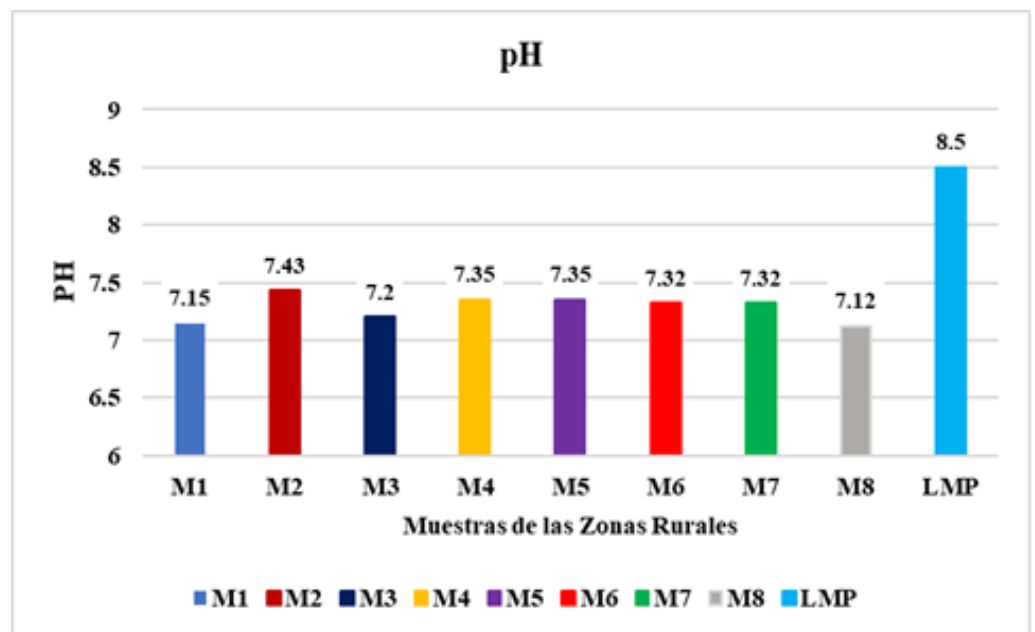


Figura 3: pH de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

### Cloruros

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un intervalo del cloruro (25.67-120.76) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 6.

Tabla 6

Zona rural el Cloruro en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Cloruros	mg/L	40.15	25.67	76.09	78.09	78.75	79.97	79.94	72.21	250

El cloruro en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (25.67-79.97) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, puesto que, los cloruros en las aguas subterráneas en las zonas rurales, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 4, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (25.67-79-97) mg/L. Además, en la figura 4 sigue una tendencia significativa

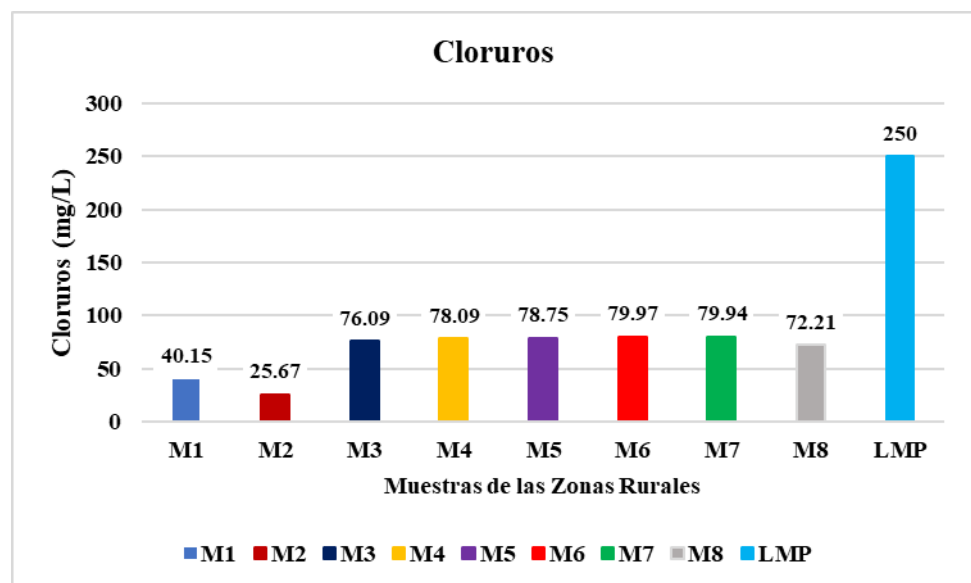


Figura 4: Cloruros de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

### Sulfatos

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un intervalo del sulfato (110-130) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 7.

Tabla 7

Zona rural el sulfato en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Sulfatos	mg/L	111	110	116	110	110	130	130	110	250

El sulfato en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (110-130) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, los sulfatos en las aguas subterráneas en las zonas rurales, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 5, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (110-130) mg/L. Además, en la figura 5 sigue una tendencia significativa.

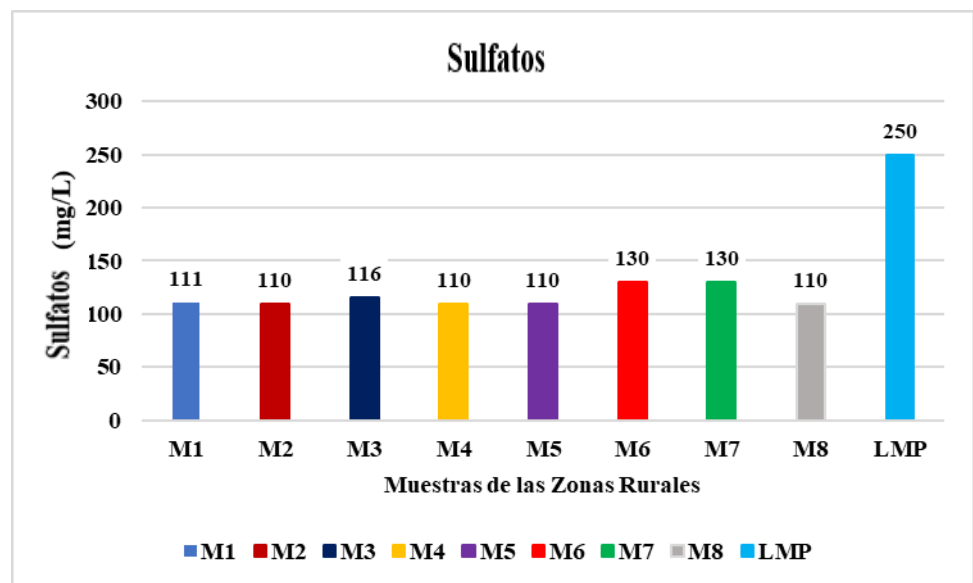


Figura 5: Sulfatos de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

**Nitratos**

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un intervalo del nitrato (0.01-0.03) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 8. Según, *Pancca*, “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”[3].

Tabla 8

Zona rural el nitrato en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Nitratos	mg/L	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	<b>1.00</b>

El nitrato en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (0.01-0.03) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, los nitratos en las aguas subterráneas en las zonas rurales, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 6, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (0.01-0.03) mg/L. Además, en la figura 6 sigue una tendencia significativa, “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de nitrato en el agua no debe exceder de (1.0 mg/L))”.

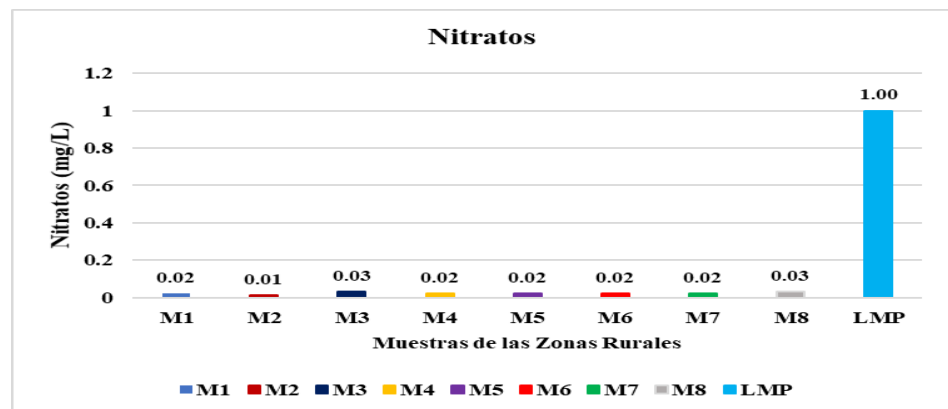


Figura 6: Nitratos de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

### Calcio

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un intervalo del calcio (10-20) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 9.

Tabla 9

Zona rural el Calcio en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Calcio	mg/L	10	12	18	20	20	15	15	10	75

El calcio en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (10-20) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, el calcio en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 7, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (10-20) mg/L.

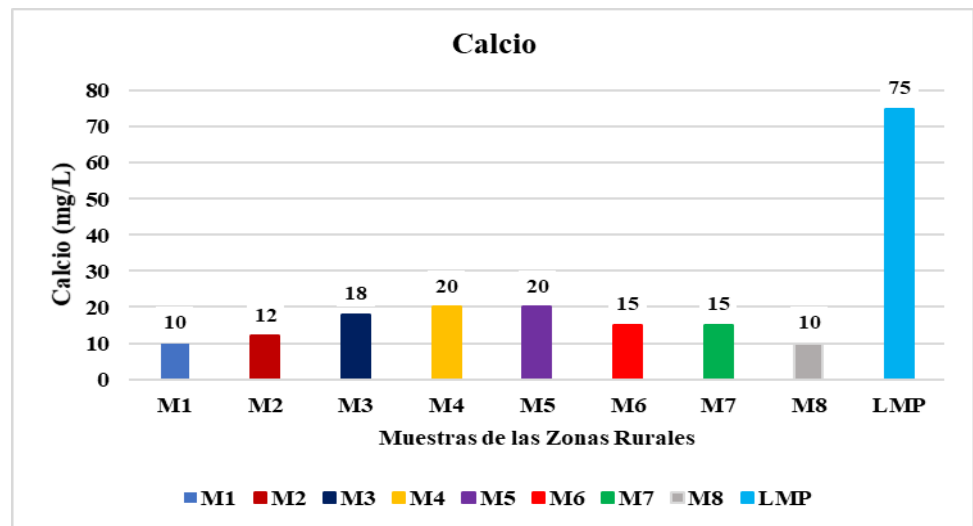


Figura 7: Calcio de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

En la figura 7 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de Calcio en el agua no debe exceder de (75 mg/L))”.

### **Magnesio**

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un intervalo del magnesio (20-40) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 10.

Tabla 10

Zona rural el magnesio en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Magnesio	mg/L	20	30	35	40	40	30	30	25	125

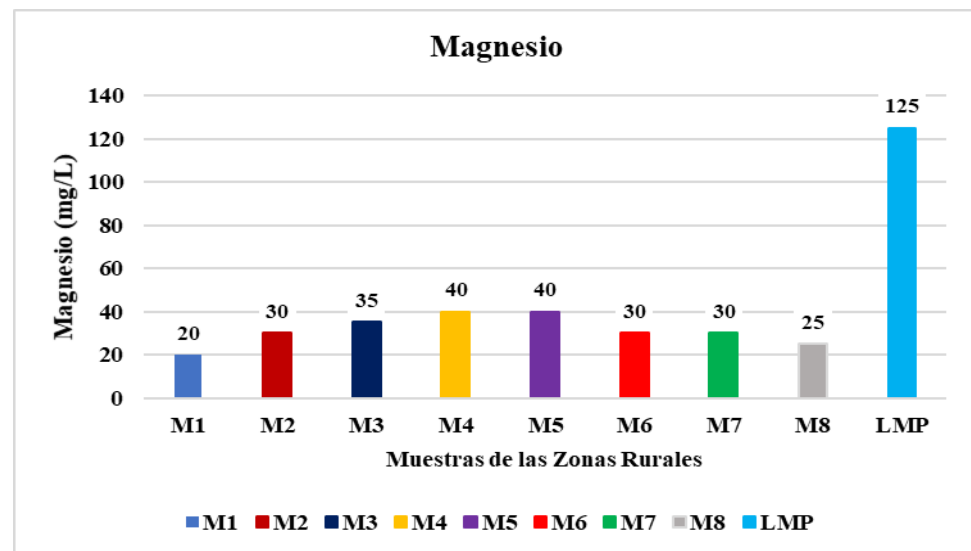


Figura 8: Magnesio de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

El magnesio en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (20-40) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, el magnesio en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 8, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (20-40) mg/L.

En la figura 8 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de Magnesio en el agua no debe exceder de (125 mg/L))”.

### Sólidos disueltos totales

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un intervalo de los sólidos suspendidos totales (110-220) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 11.

Tabla 11

Zona rural los sólidos suspendidos totales en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
<b>SST</b>	<b>mg/L</b>	110	210	200	220	220	210	210	150	<b>1000</b>

Los sólidos suspendidos totales en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (210-220) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, los sólidos suspendidos totales en las aguas subterráneas en las zonas rurales, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 9, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (210-220) mg/L.

En la figura 9 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de SST en el agua no debe exceder de (1000 mg/L)”.

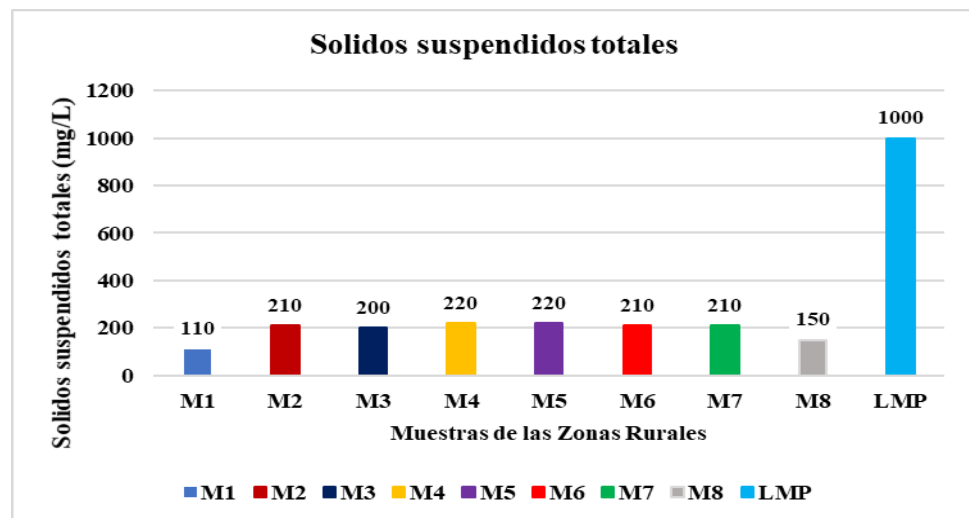


Figura 9: Sólidos suspendidos totales de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

### Aluminio

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un aluminio (0.05-0.08) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 12.

Tabla 12

Zona rural en aluminio en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Aluminio	mg/L	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	<b>0.20</b>

El aluminio en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (0.05-0.08) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, el aluminio en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 10, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (0.05-0.08) mg/L.

En la figura 10 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de aluminio en el agua no debe exceder de (0.2 mg/L)”.

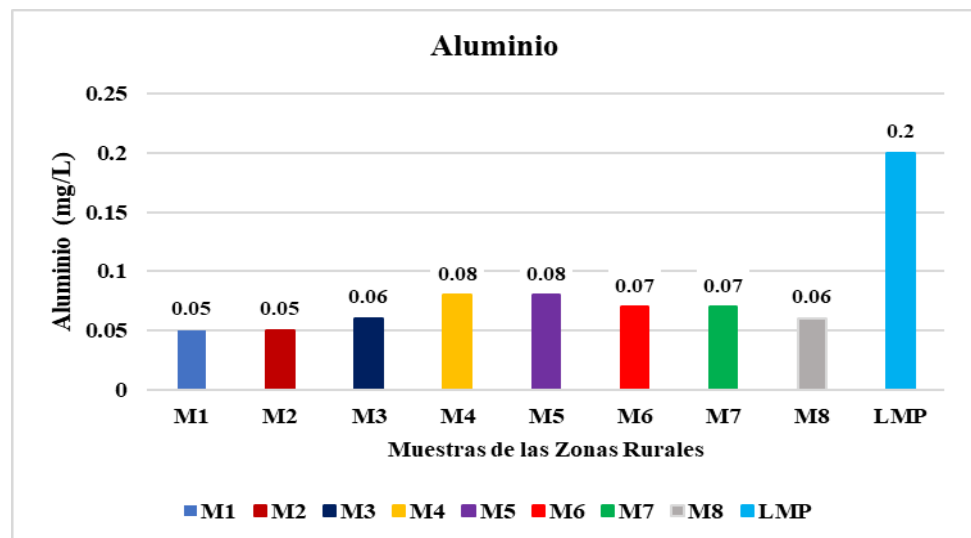


Figura 10: Aluminio de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

## Cobre

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un cobre (0.5-0.6) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 13.

Tabla 13

Zona rural en cobre en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Cobre	mg/L	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	<b>2.00</b>

El cobre en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (0.5-0.6) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, el cobre en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 11, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (0.5-0.6) mg/L.

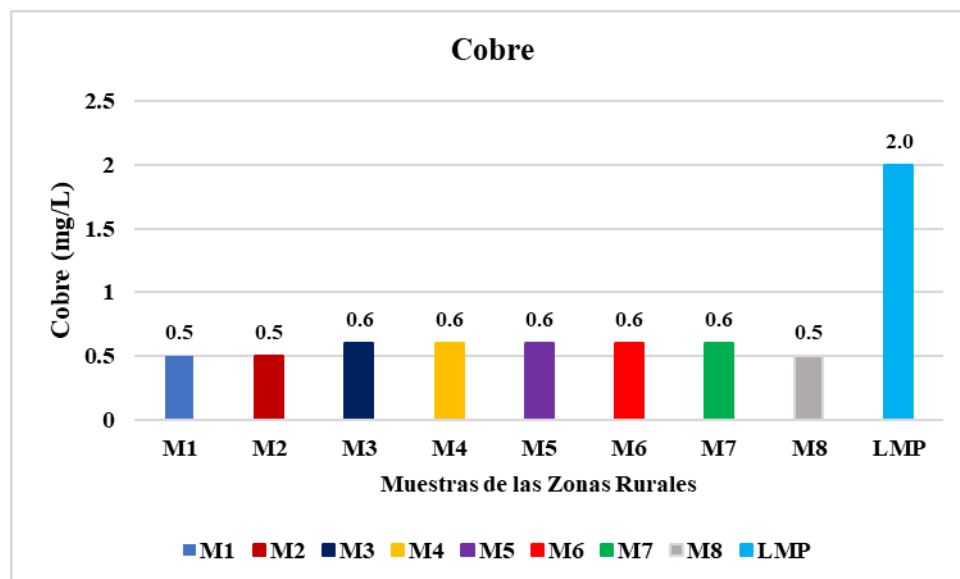


Figura 11: Cobre de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

En la figura 11 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de nitrato en el agua no debe exceder de (2 mg/L)”.

Según *Pancca*, “Las presencias de metales pesados en el agua subterránea se dan por las descargas de fuentes puntuales (plantas industriales de metales y de otras industrias, como refinerías y fundiciones), vertidos domésticos, botes de pintura y lixiviados metálicos” .[3], continua *Pancca* , “así como de fuentes más lejanas como la escorrentía que arrastra fertilizantes, pesticidas, deposición atmosférica, tratamientos antialgas de aguas, etc.”[3].

## Zinc

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un zinc (0.0-0.0) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 14.

Tabla 14

Zona rural en zinc en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Zinc	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.00

El zinc en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (0.0-0.0) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, el cobre en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 12, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (0.5-0.6) mg/L.

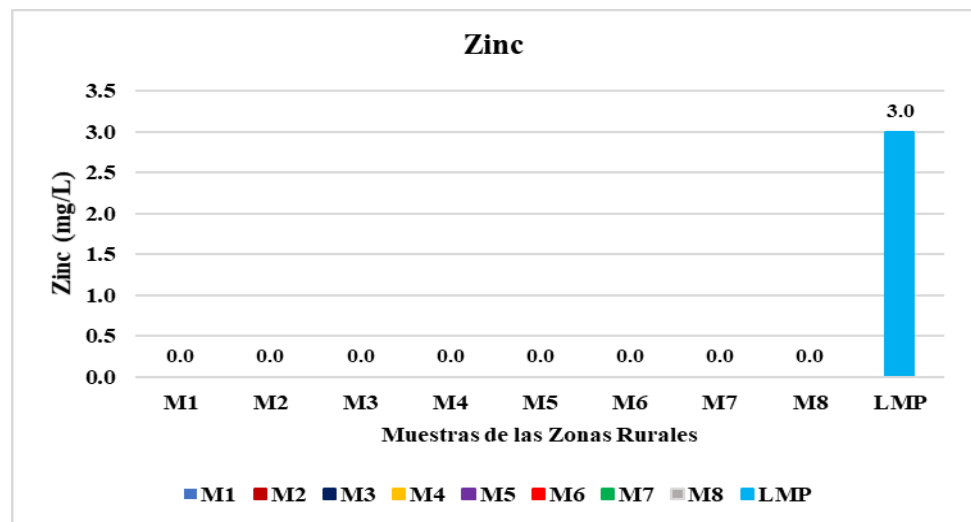


Figura 12: Zinc de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

En la figura 12 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de zinc en el agua no debe exceder de (3 mg/L))”.

### Sodio

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un sodio (1.0-1.5) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 15.

Tabla 15

Zona rural en sodio en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
<b>Sodio</b>	<b>mg/L</b>	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	<b>200.0</b>

El sodio en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (1.0-1.5) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, el sodio en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 13, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (1.0-1.5) mg/L.

En la figura 13 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de sodio en el agua no debe exceder de (200 mg/L))”.

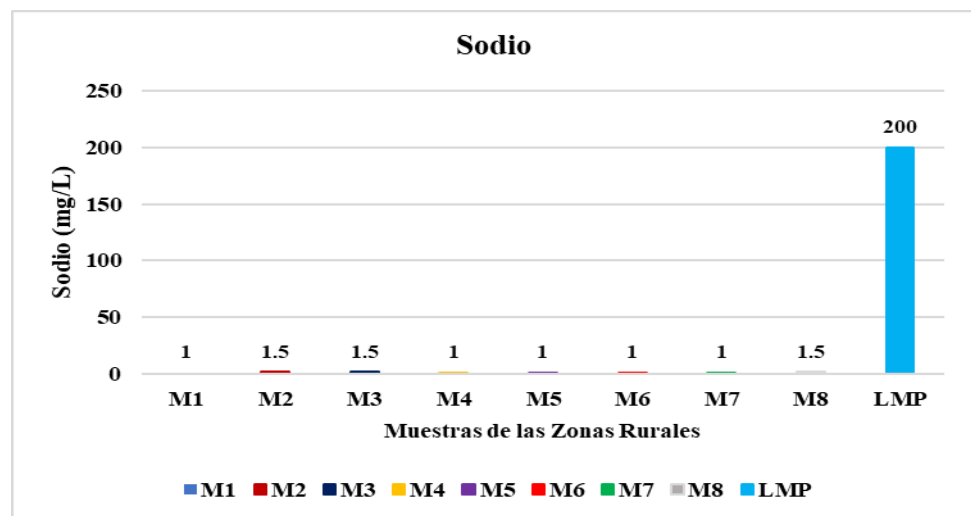


Figura 13: Sodio de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

### Turbiedad

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta una turbiedad (0.01-0.02) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 16.

Tabla 16

Zona rural en la turbiedad en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Turbiedad	mg/L	0.01	0.015	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	5.00

En la turbiedad en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (0.01-0.02) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, la turbiedad en las aguas subterráneas en las zonas rurales se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 14, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (0.01-0.02) mg/L.

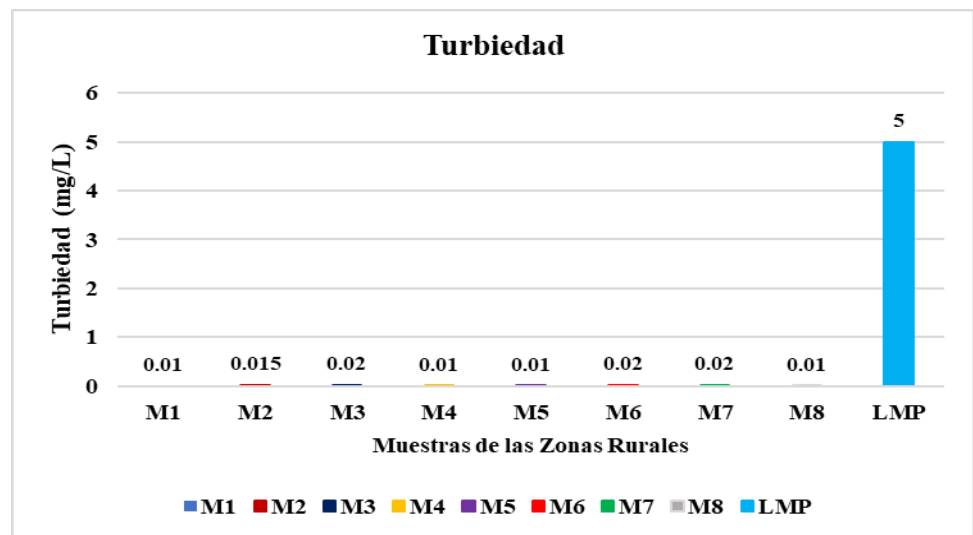


Figura 14: Turbiedad de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

En la figura 14 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de la turbiedad en el agua no debe exceder de (5 mg/L))”.

### Amoniaco

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un amoniaco (0.1-0.2) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 17.

Tabla 17

#### Zona rural en amoniaco en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Amoniaco	mg/L	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	1.5

El amoniaco en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (0.1-0.2) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, el amoniaco en las aguas subterráneas en las zonas rurales, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 15, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (0.1-0.2) mg/L.

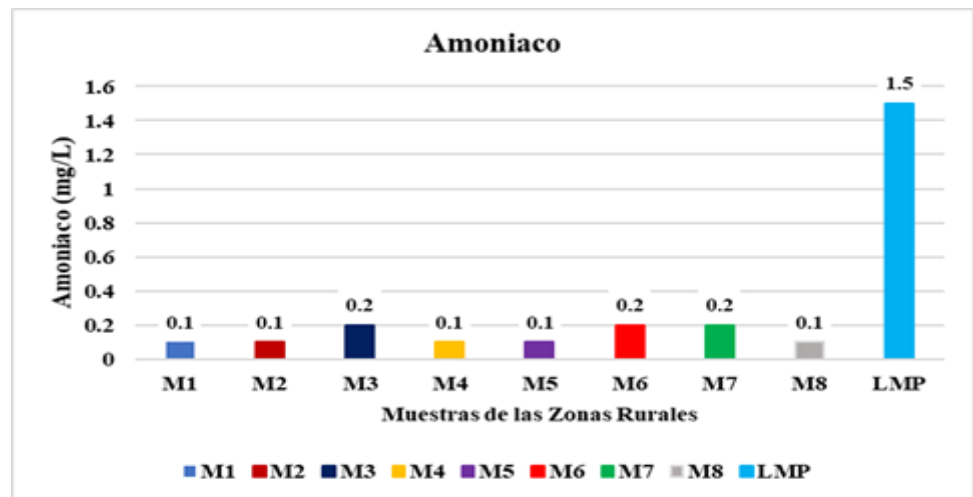


Figura 15: Amoniaco de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

En la figura 15 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de amoniaco en el agua no debe exceder de (1.5 mg/L)

### 3.2.2 Parámetros bacteriológicos

#### Coliformes totales

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores en las zonas rurales en la provincia de Ica se presenta un zinc (0.0-0.0) mg/L, en las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, como se observa en la tabla 18.

Tabla 18

Zona rural en coliformes totales en la calidad del agua subterránea

Parámetro	Unidad	Resultados								LMP	
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
coliformes totales	NMP/100 ml	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Los coliformes totales en aguas de pozos las zonas rurales esta entre (0.0-0.0) mg/L, no muestra diferencia significativa para esta variable, por lo que, los coliformes totales en las aguas subterráneas en las zonas rurales, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, ver figura 16, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N°031-2010-SA. (0.0-0.0) mg/L.

En la figura 16 “se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de nitrato en el agua no debe exceder de (0 mg/L)”.

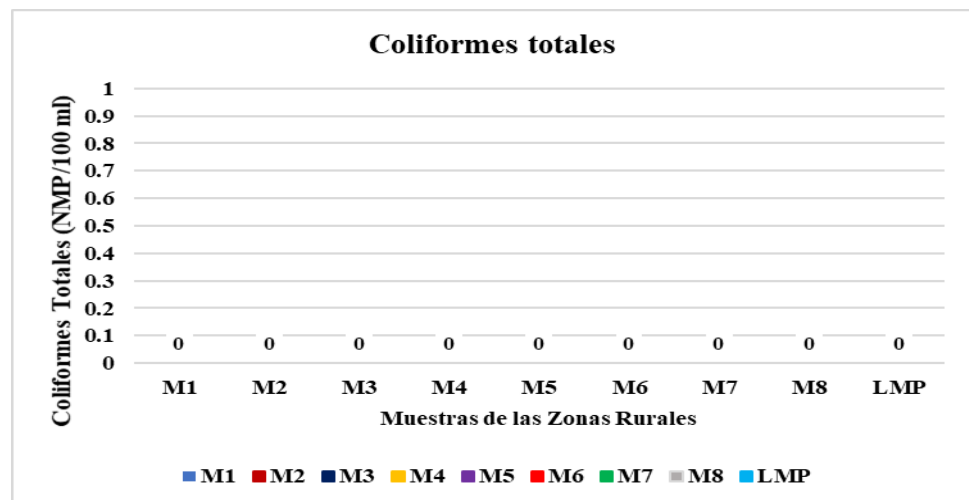


Figura 16: Coliformes totales de las muestras en zonas rurales, provincia de Ica

### **3.3 IDENTIFICACIÓN DE LA CAPTACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN POZOS EN LAS ZONAS RURALES.**

Se identifico que es necesario el mejoramiento e instalación de servicios de agua potable y alcantarillado en el sector de la tierra prometida del distrito de Ica, ubicado en el sector de la tierra prometida del distrito de Ica, Provincia de Ica y Departamento de Ica, con documento Oficio N°005-2017 SGOP-MPI, teniendo en cuenta que se el sistema de agua potable (captación -pozo nuevo- y equipamiento):

- Tipo fuente : pozo profundo
- Diámetro del pozo : 15”
- Profundidad del pozo : 80.00 m.
- Nivel estático : 25.00 m.

La caseta de pozo comprende una construcción de material noble de un solo nivel y ocupa un área de 51 m<sup>2</sup> (10.50 m x 5.00 m), comprende ambientes de sala de máquinas y tableros, sala de cloración, guardianía y baño.

De acuerdo con el requerimiento del caudal de agua (26.75 l/s) y la capacidad proyectada del pozo a construirse (30 l/s), se propone las instalaciones siguientes y sus características:

- ✓ Bomba sumergible y motor eléctrico sumergible para Q 0 26.75 l/s y HDT total = 138.80 m, profundidad de 80 m.
- ✓ Tableros eléctricos de control.
- ✓ Tratamiento para desinfección de agua

Construcción de un reservorio apoyado único de 700 m<sup>3</sup> de capacidad y equipamiento.

## IV.- DISCUSIÓN

### 4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicas” en “la calidad del agua subterránea” en el consumo poblacional en las zonas rurales de la Provincia de Ica

Para la discusión de los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8, se encontraron los resultados como se indicó en las investigaciones en los resultados que fueron corroborados por investigadores como son el caso de *Velez et al.*, Estos valores encontrados en el presente estudio “son similares al reporte de Belizario, donde el pH fluctúa entre los valores de un mínimo de 7.03 y un máximo de 8.03 unidades, valores que representan a aguas alcalinas, encontrándose dentro de los estándares de calidad ambiental” [16]. Por consiguiente, de acuerdo con los resultados obtenidos, el parámetro de pH indica que el agua de estos pozos 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).

Según, *Calsin*, sobre los valores encontrados de los cloruros de 21.34 mg/l. a un máximo de 206.50 mg/L, respectivamente en su investigación, en comparación con los valores de cloruros encontrados en esta investigación son similares [30]. Continúa *Calsin*, sobre los valores del sulfato, “donde analizo muestras de agua procedentes de 70 pozos (32 artesianos y 38 tubulares), el sulfato en su estudio, fluctúan entre los valores de un mínimo de 34.16 mg/L. a un máximo de 226.18 mg/L, respectivamente” [30]. Asimismo, por otro lado en cuanto a los sólidos suspendidos totales, *Calsin*, “en estudio reporta valores que fluctúan  $509.82 \pm 41.20$ , donde los valores fueron mayores que en las aguas de pozos tubulares” [30], sin embargo, “ambos promedios se encontraron 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”[31]

#### **4.1.2. Captación de “la calidad del agua subterránea en la potabilización” del agua en pozos en las zonas rurales Ica**

Para conservar la calidad del agua en pozos para la potabilización en zonas rurales es importante la cloración de la calidad del agua, de tal manera que mediante la implementación del sistema hipoclorador de flujo constante por goteo de almacenamiento de agua potable, tenga en cuenta en mantener las bacterias en base a los LMP, con la finalidad de garantizar la disponibilidad de agua libre de microorganismos perjudiciales para la salud.

## V.- CONCLUSIONES

1. El estudio de investigación se llegó a identificar que los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos ha permitido llegar a la conclusión que el agua futura proveniente del subsuelo que consumirán los pobladores en las “zonas rurales de la provincia de Ica, tiene las siguientes características de las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M5, M6, M7 y M8”, consideradas en el estudio en un total de 8 muestras: “Color, incoloro; olor, aceptable y sabor aceptable se encuentran dentro de los parámetros de aceptación; pH (7.12 a 7.43); cloruro (25.67 a 120.76) mg/L; sulfatos (110 a 130) mg/L; nitratos (0.01 a 0.03) mg/L; calcio (10-20) mg/L; magnesio (20.00 a 40) mg/L; solidos disueltos totales (110 a 120) mg/L; aluminio (0.05 a 0.08) mg/L; cobre (0.5 a 0.6) mg/L; zinc ( 0.00 a 0.00) mg/L; sodio (1.0 a 1.5) mg/L; turbiedad (0.01 a 0.02) mg/L; amoniaco (0.1 a 0.2) mg/L”. Para los coliformes totales y termotolerantes, están dentro de los LMP en las 8 muestras.
2. Además, “los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en el agua subterránea”. Pero, se alertó a la población que existe inadecuada práctica de higiene en el “sistema de desagüe que está atendido por silos o letrinas, existe inadecuada ubicación de letrinas y limitado acceso a letrinas ecológicas, limitado conocimiento en educación ambiental y sanitario”. De acuerdo a las causas identificadas sea propuestos temas de capacitación en educación ambiental y sanitaria, como fuente de agua, abastecimiento, almacenamiento y desinfección de agua.
3. Se identifico que en el proceso futuro de la captación de la calidad del agua garantice la potabilidad del agua en las zonas rurales de la provincia de Ica, se propuso un hipoclorador de flujo constante, con la finalidad de garantizar en el futuro un agua libre de microorganismos. Además, el hipoclorador de deberá programar en el suministro del agua un goteo de 1600 gotas/día (80 mililitros) constante de solución en el interior del tanque (pozo) de almacenamiento de agua potable.

## **VI.- RECOMENDACIONES**

1. En la actualidad la calidad del agua para uso poblacional en las zonas rurales provenientes de aguas subterráneas en la provincia de Ica, se recomienda realizar monitoreos constantes de los “paramentarios fisicoquímicos y bacteriológicas de agua para el consumo humano en base a los estándares de calidad de agua”.
2. Realizar capacitaciones de educación a la población sobre el uso y ubicación de las letrinas con la finalidad de prevenir la contaminación biológica por coliformes totales y termotolerantes, tener conocimiento sobre el medio ambiental y evitar la propagación de enfermedades.

## VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. Garza Almanza *et al.*, “Indicadores para la evaluación del impacto al ambiente y la salud de las aguas residuales municipales no tratadas,” *Repos. Inst. la Univ. Técnica Ambato*, p. 247, 2014.
- [2] E. M. Gonzales Ccanto and R. C. Quispe Escobar, “Influencia de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el distrito de Huancavelica en el 2020,” Universidad Nacional de Huancavelica, 2020.
- [3] E. P. Pancca M., “Diagnóstico Del Impacto Por La Existencia De Letrinas En Localidaddel Agua Subterránea Parael Consumo Humano En Los Barrios 15 De Agosto Ysan Salvador Del Distrito De Juliaca, Sanromán-Puno,” Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2021.
- [4] J. Cajas and J. Rengifo, “Propuesta de unidad básica saneamiento utilizando hoyo seco ventilado en tratamiento de excretas en el AA HH. Grimaneza, Coronel Portillo, Ucayali 2021,” Universidad Cesar Vallejo, 2021.
- [5] O. Almanza, “Índices de calidad del agua y vulnerabilidad de San Luis Potosí,” Instituto Potosino de Investigacion Cientifica y Tecnologica, A.C, 2015.
- [6] J. Gutierrez, J. Marin, and M. Paris, “Calidad d Agua Subterranea en el Sector Centro Occidental del Municipio Miranda (Estado Zulia, Venezuela),” *Agua-LAC*, vol. 10, no. 2, pp. 38–45, 2018.
- [7] A. T. Ndoziya, Z. Hoko, and W. Gumindoga, “Assessment of the impact of pit latrines on groundwater contamination in hopley settlement, Harare, Zimbabwe,” *J. Water Sanit. Hyg. Dev.*, vol. 9, no. 3, pp. 464–476, 2019.
- [8] S. Castillo, “Determinación de metales pesados en el agua subterránea para uso en actividades productivas, en la zona baja de la provincia, El Oro,” Universidad Nacional Mayor de San Marcor, 2021.
- [9] D. Carmena, X. Aguinagalde, C. Zigorruga, J. C. Fernández-Crespo, and J. A. Ocio, “Presence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts in drinking water supplies in northern Spain,” *J. Appl. Microbiol.*, vol. 102, no. 3, pp. 619–629, 2007.
- [10] A. Prüss, D. Kay, L. Fewtrell, and J. Bartram, “Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 110, no.

5, pp. 537–542, 2002.

- [11] M. Callo Luque, “Evaluación de la influencia de las letrinas sobre parámetros microbiológicos de pozos artesanales de aguas para consumo humano de la Comunidad de Mucra I, del distrito de San Miguel–Provincia de San Román, Región Puno,” Universidad Nacional de Juliaca, 2019.
- [12] J. Salazar, “Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el periodo 2015 - 2019,” Universidad Continental, 2020.
- [13] CONAGUA, *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos*. Mexico: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017.
- [14] P. Knappet *et al.*, “Impact of Population and Latrines on Fecal Contamination of Ponds in Rural Bangladesh,” *NIH Public Access*, vol. 409, no. 17, pp. 3174–3182, 2012.
- [15] S. Herrera and L. F. Panta, “Estudio de la influencia de la napa freática en el diseño del pavimento de la pista de aterrizaje del aeropuerto teniente Fap Jaime Montreuil Morales de la ciudad de Chimbote, usando el Software Faarfield. (Trabajo de Grado).,” Universidad Nacional del Santa, 2018.
- [16] M. Velez, C. Ortiz, and M. Vargas, *Las Aguas Subterráneas. Un enfoque práctico*. Colombia: INGEOMINAS.
- [17] Organización Panamericana de la Salud, “Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero,” in *Organización Panamericana de la Salud*, Lima - Perú: OPS/CEPIS05.167, 2005, p. 59.
- [18] Resolución Ministerial N°1295-2018/MINSA, “Aprueban la NTS N° 144 - MINSA/2018/ DIGESA, Norma Técnica de Salud: ‘Gestión Integral y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud, Servicios Médicos de Apoyo y Centros de Investigación,’” *Norma*. Ministerio de Salud, Lima - Perú, pp. 34–35, 2018.
- [19] R. F. Garcia Noblejas, “Análisis de la Calidad del Agua Para Consumo Humano y Percepción Local En El Anexo de Cantarizu, Provincia de Oxapampa y Región Pasco-2019,” Universidad Nacional Alcides Carrion, 2019.
- [20] F. Vásquez Perdomo, “Tratamiento de aguas residuales por sistema compacto de aireación extendida para el riego de áreas verdes en el distrito de Comas,” Universidad Nacional Federico Villarreal, 2020.
- [21] Resolución Ministerial N°258-2011/MINSA, “Política Nacional de Salud Ambiental 2011-2020,” *Norma*. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, Lima

- Perú, p. 34, 2011.
- [22] D.S.\_N°085-2003-PCM, “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido,” *Presidencia de la República*. pp. 1-11 Pag., 2003.
- [23] W. Inofuente Ccarita, “Influencia de las Letrinas en la Calidad Microbiológica del Agua Subterránea en la Urbanización San Isidro Ccacachi Juliaca-2029,” Universidad Nacional de Juliaca, 2020.
- [24] D.S.\_N°003-2017-MINAM, “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM,” *Norma Legal*. Lima - Perú, p. 4, 2017.
- [25] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.
- [26] M. Carmona, *Estadísticas del Agua en México*, Edición 20. México: Comisión Nacional del Agua, 2017.
- [27] B. M. D. Martínez, “Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín,” Universidad Nacional de Cajamarca, 2016.
- [28] N. Falla Velásquez, “Riesgos Laborales en Minería a Gran Escala en Etapas de Prospección - Exploración de Metales y Minerales en la Región Sur Este del Ecuador y Propuesta del Modelo de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional Para Empresas Mineras en la Provincia de Zamora C,” Universidad Central del Ecuador. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación. Instituto Superior de Postgrado, 2012.
- [29] L. Lima Huacho, “Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay – Huancavelica 2018,” Universidad Continental, 2020.
- [30] K. V. Calsin Ramirez, “CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN EL SECTOR DE TAPARACHI III DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO - 2016,” 2016.
- [31] Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. N°031-2010-S.A*, 1ra Edición. Lima - Perú: MINSA, 2011.

