

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**INFLUENCIA DE LAS LETRINAS EN LA CALIDAD DE AGUA DE POZO PARA
CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

MARIA EUGENIA MAMANI PAXI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



11.51%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 3 SEP 2025, 11:57 AM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
1.49%

● CHANGED TEXT
10.01%

Report #28315753

MARIA EUGENIA MAMANI PAXI // INFLUENCIA DE LAS LETRINAS EN LA CALIDAD DE AGUA DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO - 2025 RESUMEN El agua es un recurso esencial para la supervivencia de todos los seres vivos, por lo que debe mantenerse limpia y accesible para toda la población. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de las letrinas en la calidad del agua de pozo destinada al consumo humano en el barrio Chacarilla Alta, Puno. A través de un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo, diseño no experimental y corte transversal, se analizaron muestras representativas de seis pozos, recolectadas conforme al protocolo RJ-010-2016 ANA. Los resultados microbiológicos obtenidos 147.50 NMP/100 ml de coliformes totales, 50.83 NMP/100 mL de coliformes fecales y 46.00 NMP/100 ml de Escherichia coli superan los límites máximos permisibles establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Estos hallazgos, junto con la cercanía de los pozos a fuentes potenciales de contaminación como las letrinas, evidencian una influencia significativa en la degradación de la calidad del agua. Se concluye que el agua de los pozos del barrio Chacarilla Alta no es apta para el consumo humano, representando un riesgo sanitario para la población. Es urgente implementar medidas de saneamiento básico y control ambiental que mitiguen esta problemática y garanticen el acceso a agua

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**INFLUENCIA DE LAS LETRINAS EN LA CALIDAD DE AGUA DE POZO PARA
CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

MARIA EUGENIA MAMANI PAXI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

:


Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:


Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 10 setiembre del 2025.

DEDICATORIA

- A Dios, por su infinito amor y cuidado.
- A mis padres por su apoyo incondicional y fortaleza en cada momento de mi vida, por su cuidado y guía.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por acogerme en sus aulas.
- Expreso mi más sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería y, en especial, a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su invaluable apoyo y compromiso en nuestra formación académica y profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	17
1.2.3. A NIVEL LOCAL	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. EL AGUA	22
2.1.2. AGUA SUBTERRÁNEA	22
2.1.3. CALIDAD DEL AGUA	23
2.1.4. LETRINAS	23
2.1.5. POZO SÉPTICO	23
2.1.6. POZO DE AGUA	23
2.1.8. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	24
2.1.9. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA	25
2.2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.2.1. COLIFORMES TOTALES	25
2.2.2. COLIFORMES FECALES	25
2.2.3. ESCHERICHIA COLI	26
2.2.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	26
2.2.5. TEMPERATURA	26
2.2.6. SULFUROS	26
2.2.7. CLORUROS	27
2.2.4. MARCO NORMATIVO	27
2.3. HIPÓTESIS	29
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	29
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	29

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	30
-----------------------------	-----------

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	31
3.2.1 POBLACIÓN	31
3.2.2 MUESTRA	31
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	32
3.3.1. MÉTODO	32
3.3.2. TÉCNICAS	32
3.3.3. MATERIALES	33
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	34
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	34
3.5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
3.5.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	35
3.5.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01: DETERMINAR EL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS PRESENTES EN EL AGUA DE POZO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO	37
4.1.1. COLIFORMES TOTALES	37
4.1.2. COLIFORMES FECALES	39
4.1.3. ESCHERICHIA COLI	41
4.1.4. PH	43
4.1.5. TEMPERATURA	45
4.1.6. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	47
4.1.7. OXÍGENO DISUELTO	49
4.1.8. DUREZA TOTAL	51

4.1.9. CLORUROS	53
4.1.10. SULFUROS	55
4.1.11. NITRATOS	56
4.1.12. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	58
4.2. OBJETIVO ESPECIFICO 2: EFECTOS EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO	60
4.2.1. DIARREA POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO	60
4.2.2. VÓMITOS O NÁUSEAS CAUSADOS POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO	62
4.2.3. INFECCIONES INTESTINALES O PARASITARIAS ASOCIADAS AL CONSUMO DE AGUA DE POZO	63
4.2.4. FIEBRE O DESHIDRATACIÓN TRAS EL CONSUMO DE AGUA DE POZO	65
4.2.5. PROBLEMAS DE SALUD CAUSADOS POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO	66
4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	67
4.3.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	67
4.3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	68
4.3.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Identificación de los puntos de muestreo	32
Tabla 02: Materiales	33
Tabla 03: Equipos	34
Tabla 04: Operacionalización de variables	34
Tabla 05: Media de Coliformes Totales	37
Tabla 06: Media de Coliformes fecales	39
Tabla 07: Media de Escherichia coli	41
Tabla 08: Media de pH	43
Tabla 09: Media de Temperatura	45
Tabla 10: Media de Conductividad Eléctrica	47
Tabla 11: Media de Oxígeno Disuelto	49
Tabla 12: Media de Dureza Total	51
Tabla 13: Media de Cloruros	53
Tabla 14: Media de Sulfuros	55
Tabla 15: Media de Nitratos	56
Tabla 16: Media de Sólidos Disueltos Totales	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de los puntos de muestreo	30
Figura 02: Contenido de coliformes fecales	38
Figura 03: Contenido de Coliformes Fecales	40
Figura 04: Contenido de Escherichia coli	42
Figura 05: Niveles de pH	44
Figura 06: Niveles de Temperatura	46
Figura 07: Concentraciones de C.E	48
Figura 08: Concentraciones de Oxígeno Disuelto	50
Figura 09: Niveles de Dureza Total	52
Figura 10: Niveles de Cloruros	54
Figura 12: Niveles de Nitratos	57
Figura 13: Contenido de Sólidos Disueltos Totales	59
Figura 14: Diarrea por el consumo de agua de pozo	60
Figura 15: Vómitos o náuseas por el consumo de agua de pozo	62
Figura 16: Infecciones intestinales por el consumo de agua de pozo	63
Figura 17: Fiebre o deshidratación por el consumo de agua de pozo	65
Figura 18: Problemas de salud por el consumo de agua de pozo	66

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	77
Anexo 02: Compromiso ético	78
Anexo 03: ECA del agua	79
Anexo 04: Resultados del laboratorio de análisis de suelos	80
Anexo 05: Validación de instrumento	81
Anexo 07: Modelo de instrumento	82
Anexo 08: Toma de muestras	83
Anexo 09: Rotulado de muestras	83
Anexo 10: Traslado de muestras	84
Anexo 11: Vista del pozo	84
Anexo 12: Letrina	85
Anexo 13: Letrina acondicionada	86
Anexo 14: Letrina 3	87

RESUMEN

El agua es un recurso esencial para la supervivencia de todos los seres vivos, por lo que debe mantenerse limpia y accesible para toda la población. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de las letrinas en la calidad del agua de pozo destinada al consumo humano en el barrio Chacarilla Alta, Puno. A través de un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo, diseño no experimental y corte transversal, se analizaron muestras representativas de seis pozos, recolectadas conforme al protocolo RJ-010-2016 ANA. Los resultados microbiológicos obtenidos 147.50 NMP/100 ml de coliformes totales, 50.83 NMP/100 mL de coliformes fecales y 46.00 NMP/100 ml de *Escherichia coli* superan los límites máximos permisibles establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Estos hallazgos, junto con la cercanía de los pozos a fuentes potenciales de contaminación como las letrinas, evidencian una influencia significativa en la degradación de la calidad del agua. Se concluye que el agua de los pozos del barrio Chacarilla Alta no es apta para el consumo humano, representando un riesgo sanitario para la población. Es urgente implementar medidas de saneamiento básico y control ambiental que mitiguen esta problemática y garanticen el acceso a agua segura.

Palabras clave: Contaminación, Coliformes, *Escherichia coli*, Letrinas, Pozos.

ABSTRACT

Water is an essential resource for the survival of all living things, so it must be kept clean and accessible to the entire population. This research aimed to evaluate the influence of latrines on the quality of well water intended for human consumption in the Chacarilla Alta neighborhood, Puno. Through a quantitative, descriptive approach, non-experimental design and cross-sectional section, representative samples from six wells were analyzed, collected according to protocol RJ-010-2016 ANA. The microbiological results obtained—147.50 MPN/100 mL total coliforms, 50.83 MPN/100 mL fecal coliforms, and 46.00 MPN/100 mL *Escherichia coli* exceed the maximum permissible limits established by the Environmental Quality Standards (ECA) for water, according to Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. These findings, together with the proximity of the wells to potential sources of contamination such as latrines, show a significant influence on the degradation of water quality. It is concluded that the water from the wells of the Chacarilla Alta neighborhood is not suitable for human consumption, representing a health risk for the population. It is urgent to implement basic sanitation and environmental control measures that mitigate this problem and guarantee access to safe water.

Keywords: Pollution, Coliforms, *Escherichia coli*, Latrines, Wells.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua de alta calidad destinada al consumo humano representa uno de los cimientos esenciales de la salud pública y el desarrollo sostenible. En numerosas comunidades rurales y periurbanas, el agua proveniente de pozos constituye la principal fuente de suministro, particularmente en escenarios donde las redes de distribución no están completamente desarrolladas o exhiben insuficiencias estructurales. No obstante, esta fuente puede verse severamente amenazada por prácticas sanitarias inapropiadas, incluyendo la disposición y empleo de letrinas sin criterios técnicos que garanticen la protección del subsuelo (Chávez, 2011). Numerosos estudios han alertado sobre la propensión a la infiltración de contaminantes fecales y microorganismos patógenos hacia los acuíferos, lo que compromete la potabilidad del recurso y puede desencadenar riesgos epidemiológicos.

La polución microbiológica presente en los acuíferos es particularmente alarmante debido a su correlación directa con patologías gastrointestinales, infecciones respiratorias y afecciones dermatológicas, las cuales impactan con mayor gravedad a grupos vulnerables como niños y adultos mayores. Aunque entidades internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecen límites microbiológicos permisibles, en numerosas regiones estos límites no se observan, ya sea debido a la ausencia de control o al desconocimiento de la legislación vigente (Rios et al., 2012).

En el Perú afrontan retos significativos en la administración holística de la calidad del agua, han revelado que numerosas comunidades de la región altoandina recurren al agua proveniente de pozos contaminados, en considerable medida debido a la inadecuada gestión de excretas humanas y la ausencia de barreras sanitarias eficaces (Espinoza, 2017).

En el ámbito local, el distrito de Puno, alberga una serie de factores que exacerban la problemática hídrica. Las investigaciones de Pancca (2021) y Valenzuela y Yucra (2022)

han destacado que la insuficiente infraestructura sanitaria, la falta de planificación territorial y las prácticas higiénicas restringidas propician la contaminación de las fuentes subterráneas.

- En el capítulo I: Se detalla el planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación.
- En el capítulo II: Se detalla el marco teórico y conceptual de las dos variables del presente trabajo.
- En el capítulo III: Se detalla la metodología de la investigación.
- En el capítulo IV: Análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el agua de calidad es escasa debido a la contaminación. El agua es un recurso natural y esencial en todos los ecosistemas para la sobrevivencia de los organismos vivos en sus diversos hábitats; el ser humano necesita agua potable determinada como "suficiente para el consumo humano y para todos los usos del hogar común, incluida la higiene personal" (Rios et al., 2012). Los servicios de agua y saneamiento adecuado son cruciales para la realización de todos los derechos humanos, así como para llevar una vida con dignidad humana. Se han realizado varios estudios relacionados con la contaminación de las aguas subterráneas y el suelo en los alrededores de un relleno (Chávez, 2011).

A nivel nacional en el Perú, casi la mitad de la población de Lima Metropolitana es abastecida mediante las aguas subterráneas que son extraídas a través de pozos perforados. Aguas debajo del cementerio tipo parque ecológico "Parques del Paraíso" existe una población estimada de 100,000 habitantes que son abastecidos mediante la explotación de 12 pozos perforados (Espinoza, 2017).

En la ciudad de Puno, algunos barrios no cuentan con los servicios de saneamiento básico, y la población tiende a consumir directamente el agua de pozo.

Ante la escasez del servicio de agua y alcantarillado, la población utiliza letrinas y/o silos que se encuentran a una menor distancia de las fuentes de agua subterránea. El consumo de agua de pozo acarrea enfermedades gastrointestinales por la presencia de contaminantes biológicos al no cumplir con los estándares de calidad ambiental. Por tales razones, es crucial conocer cómo es la calidad de agua que consume la población del barrio Chacarilla Alta y permitimos conocer el grado de contaminación por las letrinas y/o silos, ya que estos acarrearán enfermedades. En tal sentido, se plantearon las siguientes interrogantes:

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera las letrinas influyen en la calidad del agua de pozo para consumo humano en el barrio Chacarilla Alta, Puno?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos en el agua de pozo para consumo humano del barrio Chacarilla Alta?
- ¿Cuáles son los efectos en la salud de la población por el consumo de agua contaminada de pozo?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Tekoum et al. (2024), en el estudio titulado "Efectos de las letrinas sobre la calidad del agua en la napa freática", tuvieron como objetivo evaluar el impacto sanitario de las letrinas sobre el agua subterránea utilizada para consumo humano en el distrito 5 de la ciudad. Se hicieron análisis físico-químicos (pH, temperatura, conductividad, turbidez, iones principales) y bacteriológicos (coliformes totales 624.00 UFC/100 ml, E. coli 8420 UFC/100 ml y flora aerobia). Estos análisis detectaron que la mayoría de las muestras presentaron niveles microbiológicos que exceden los límites establecidos por la OMS.

Esto se debe a la inadecuada distancia entre letrinas y pozos, lo que indica la urgente necesidad de tratar el agua.

Márquez et al. (2023), en su artículo "Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical", tuvieron como objetivo analizar las tendencias de calidad del agua en la presa El Salto. Esta presa está ubicada en la región Centro-Sur del Estado de Sinaloa, México. Para ello, se utilizó el análisis estadístico no paramétrico de Mann-Kendall sobre datos recolectados en cuatro puntos de muestreo durante el período 2012-2020. La metodología incluyó la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se encontró que, aunque la calidad del agua mostró una tendencia significativa a mejorar en el periodo analizado, se detectó contaminación por materia orgánica. Las concentraciones de coliformes fecales 943 NMP/100 mL y *Escherichia coli* 64 NMP/100 mL, fueron superiores a los criterios ecológicos de calidad del agua para abastecimiento potable y riego agrícola. Además, las cantidades de nutrientes, clorofila-a y la visibilidad del disco Secchi clasificaron el agua como eutrófica e hipereutrófica, lo que indica un alto nivel de productividad biológica y posibles problemas de eutrofización. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar medidas de gestión ambiental para mejorar la calidad del agua en el embalse.

Sánchez y Guangasig (2023), en su artículo "Calidad microbiológica del agua para consumo humano", los investigadores evaluaron el estado microbiológico del agua potable a través de una revisión bibliográfica. Encontraron que las diversas enfermedades causadas por patógenos están relacionadas con el consumo de agua contaminada. Por lo tanto, el agua potable debe cumplir con los estándares establecidos por las Normas Técnicas INEN 1108-2020. Según esta normativa, los recuentos de coliformes totales y fecales mínimamente deben estar en 1,1 NMP/100 mL. Patógenos como *Salmonella*, *Shigella* y *Escherichia coli* pueden causar diarrea aguda, lo que resulta importante es mantener una agua limpia y de calidad cumpliendo los estándares de calidad altos.

Montiel y Gómez (2023), en su artículo "Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua costera en Nicoya, Costa Rica", evaluaron la calidad del agua marino-costera durante un período de tres meses. Los resultados mostraron que hubo un alto nivel de contaminación fecal durante la era de la Avenida. Se registraron valores de máximos $3,5 \times 10^3$ NMP/100 mL para coliformes totales, $1,1 \times 10^3$ NMP/100 mL para coliformes fecales y $2,4 \times 10^3$ NMP/100 mL para Escherichia coli. Se registraron $1,1 \times 10^3$ NMP/100 mL para coliformes fecales y $2,4 \times 10^3$ NMP/100 mL para Escherichia coli. Estos hallazgos apuntan a una contaminación fecal significativa, lo que resalta la necesidad de mejorar el saneamiento del agua y las prácticas de monitoreo que son esenciales para salvaguardar la salud pública.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

González et al. (2023), en su estudio titulado "Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú", aportaron datos sobre la calidad del agua. Se llevaron a cabo análisis de 17 almacenamientos entre marzo y mayo del 2022, empleando el método del Número Más Probable (NPM). Los resultados indicaron que en Villa Libertad se identificaron 200;15 UFC/mL. Totales y fecales. San Gerónimo alto 15; 15 UFC/ml de coliformes totales y fecales en el laboratorio. Bellavista tiene un valor de 9 UFC/mL. Antacocha del sector tres: 4;4 UFC/mL de coliformes totales y fecales. En lo que respecta a Escherichia coli, todos los resultados fueron positivos. De los 4/17 (23,5 %) de los puntos de monitoreo, se encuentran contaminados.

Chavarría et al. (2023), en su estudio titulado "Contaminación del río Opamayo por el camal municipal en la población de Pampas-Tayacaja", examinaron la concentración de coliformes y su repercusión en la salud de la población de Pampas-Tayacaja, incluyendo todas las viviendas situadas a lo largo del río. Los hallazgos indicaron que la mayoría de las afecciones predominantes en la comunidad son de naturaleza digestiva, respiratoria e

infecciosa. Se registró una concentración de coliformes fecales de 220 NMP/100 mL, y se determinó que el 66,75% de la población utiliza agua contaminada para actividades de ganadería y agricultura. Respecto a las patologías, el 83,3 % de los casos documentados se atribuyen a afecciones gastrointestinales y digestivas. Además, la investigación demostró la contaminación del río Opamayo, atribuida a la descarga del camal municipal. Elías et al. (2022), en su estudio titulado "Evaluar la calidad de agua de los pozos sector Porvenir La Caña y su ulterior potabilización", realizaron una evaluación del agua de pozo en términos de su calidad y determinaron si estas aguas son adecuadas para el consumo humano. Los resultados reportados indican que la media total de bacterias coliformes en el agua de pozo del sector analizado se sitúa entre 87-1,175 NMP/100 mL, mientras que el promedio de bacterias termotolerantes se sitúa entre 2,7-16,1 NMP/100 mL. Los parámetros microbiológicos del agua exceden el Límite Máximo de Producción (LMP) y no son adecuados para el consumo humano.

Vargas (2022), en la investigación "Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de San José de Sisa, provincia de El Dorado, región San Martín", buscó determinar el agua de calidad para consumo humano en dicho centro poblado mediante el análisis de parámetros microbiológicos; la metodología incluyó la recolección de muestras de agua de cuatro puntos de abastecimiento (dos pozos tubulares y dos sistemas de captación), empleando frascos estériles y un cooler para su conservación, y su análisis en laboratorio para identificar coliformes fecales totales y *Escherichia coli*, comparándolos con la norma peruana D.S. N°031-2010-SA; los resultados mostraron que dos puntos de abastecimiento presentaron coliformes fecales totales con valores de 5 NMP/100mL y 8 NMP/100mL, y *Escherichia coli* con 2 NMP/100 mL y 3 NMP/100 mL, excediendo el límite de 0 NMP/100 mL, para ambos parámetros; se concluyó que el agua de esos puntos no es apta para consumo humano sin tratamiento

previo, recomendando implementar sistemas de desinfección y monitoreo continuo para garantizar su seguridad.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Valenzuela y Yucra (2022), en su artículo "Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca". Plantearon evaluar la calidad del agua subterránea, mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; la metodología consistió en la recolección de muestras de agua subterránea y su análisis en laboratorio para determinar parámetros, comparándolos con la normativa D.S. N°031-2010-SA; los resultados revelaron que, aunque la mayoría de los parámetros fisicoquímicos estaban dentro de los límites máximos permisibles, la dureza total alcanzó 573 mg/L, el arsénico presentó un valor de 0.040 mg/L y los coliformes totales fueron 2 NMP/100 mL, excediendo los estándares establecidos; se concluyó que el agua subterránea de pozo del Parque Industrial Taparachi no es apta para consumo humano, recomendando el uso de filtros para reducir los niveles que superan la norma.

Panca (2021), en el estudio titulado "Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador, del distrito de Juliaca", tuvo como objetivo evaluar el efecto de las letrinas en la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano. Para ello, se aplicó una metodología basada en la toma de muestras de agua en cuatro puntos de los barrios mencionados, donde se analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos conforme al D.S. n.º 031-2010-SA. Los resultados mostraron que, aunque la mayoría de los parámetros fisicoquímicos estaban dentro de lo permitido, los coliformes totales y termotolerantes (fecales) superaron los límites establecidos, con promedios de 262% y 87,25% respectivamente. Esta contaminación se atribuyó a la ubicación inadecuada de las letrinas respecto a los pozos, prácticas deficientes de higiene y falta de educación

sanitaria. Como respuesta, se propuso un programa de educación sanitaria y el uso de un hipoclorador de flujo constante para garantizar el acceso a agua segura.

Callo & Coyla (2020), en su investigación "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". El propósito de este estudio es evaluar la influencia de las letrinas en los parámetros de pH, CE, CT y CF de pozos artesanales de agua para consumo humano en la comunidad de Mucra. Se tomaron 10 pozos de muestreo (6 letrinas de menor a 20 metros y 4 de mayor a 20 metros). Se aplicó un muestreo no probabilístico bajo un criterio discrecional. Se consideraron factores como el tipo de construcción del pozo y la distancia entre las letrinas y el pozo. Los ensayos de pH y CE se llevaron a cabo utilizando el método normalizado de análisis de agua: APHA, AWWA; los CT se realizan mediante diluciones seriadas y los CF se realizan por tubos múltiples. Los resultados se compararon con la norma actual de calidad del agua para consumo humano DS. N.º 031-2010-SA, los parámetros físicos, el pH y la CE, para verificar si cumplen con los rangos establecidos por la normativa. En el tercer punto se observa el valor más elevado de 170 NMP por 100 ml, y 93 NMP por 100 ml en CF y CT, respectivamente. No obstante, en los puntos 6, 8, 9 y 10 no se observa la presencia de microorganismos.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de las letrinas en la calidad del agua de pozo destinada al consumo humano en el barrio Chacarilla Alta - Puno.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos presentes en el agua de pozo del barrio Chacarilla Alta - Puno.

- Identificar los efectos en la salud de la población por el consumo de agua de pozo contaminada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA

Se trata de una sustancia esencial para la existencia de todo ser vivo. La calidad del agua destinada al consumo humano ha sido asociada con una variedad de enfermedades, atribuibles a la falta de acceso adecuado a las fuentes de agua y a las condiciones de saneamiento. La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que cada año fallecen 2,9 millones de individuos debido a estas causas. Los infantes son los más vulnerables, dado que el 90% de las defunciones se producen en niños menores de cinco años, que suelen residir en países en desarrollo (Guzmán et al., 2015).

2.1.2. AGUA SUBTERRÁNEA

Según Villena (2018), las aguas subterráneas ocupan todas las cavidades presentes en el estrato geológico; abarcan toda la cantidad de agua que se halla por debajo del nivel freático. La ingestión de agua contaminada provoca afecciones que afectan principalmente a aquellos que carecen de servicios esenciales. Las diversas afecciones intestinales son resultado del consumo de agua contaminada, con predominio de coliformes totales, y la prevalencia de coliformes totales (Jara, 2023). 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 (MINAN, 2017).

2.1.3. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es imprescindible para la salud humana, y esta situación se agrava debido al aumento de la demanda. Beber agua es esencial para la salud, el bienestar y una vida exitosa. La vida humana no depende únicamente de la cantidad de agua suministrada (Fernández, 2012). Las características, ya sean organolépticas, físicas, químicas o biológicas, se definen en relación con el bienestar, así como sus valores de aprobación o percusión. La calidad fisicoquímica del agua se basa en el estudio de ciertos compuestos químicos particulares que pueden afectar la salud tras períodos de relación breves o prolongados (Rojas, 2002).

2.1.4. LETRINAS

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 (IANAS, 2019). La letrina es el área destinada 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 (CEPIS/OPS, 2004).

2.1.5. POZO SÉPTICO

Es un depósito con más compartimentos, impermeable, de escurrimiento continuo y de forma rectangular o cilíndrica que almacena las excretas, agua residual provenientes de los inodoros, aguas grises de origen doméstico. Su construcción es generalmente subterránea y puede hacerse de piedra, ladrillo, concreto u otro material resistente a la corrosión (IANAS, 2019). Son sistemas sépticos; además, es un método muy común para el tratamiento de aguas residuales, especialmente en las zonas rurales (S.A.S., 2018).

2.1.6. POZO DE AGUA

Se trata de una perforación, excavación o túnel vertical que penetra en la tierra hasta una profundidad suficiente para lograr el objetivo, que es una reserva de agua subterránea del

nivel freático. Los pozos artesanales implican la ejecución de una excavación en terrenos áridos, en la cual se ejecuta un espacio cilíndrico en la superficie del suelo y hasta el nivel del agua superficial (Zegarra, 2017).

2.1.7. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

La calidad microbiológica del agua se define en relación con las características variables microbiológicas o bacteriológicas; en la mayoría de los casos, conlleva el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal (OMS, 2006). Según el reglamento de calidad de agua, DIGESA (2000), los parámetros de control obligatorio para la calidad de agua incluyen los coliformes totales y termotolerantes, como parámetros microbiológicos. Además, indica que si la prueba de coliformes termotolerantes resulta positiva, el proveedor debe analizar las bacterias *E. coli* como prueba confirmativa de contaminación fecal. El monitoreo de la calidad microbiológica del agua de consumo humano, incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. El agua de calidad debe de estar exenta de patógenos, ya que constituye una prueba de contaminación por excretas reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos. *E. coli* es un indicador útil (OMS, 2006). La calidad del agua para consumo de la población está definida de acuerdo a los indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano y que estos cumplan con los límites máximos permisibles (MINSA, 2011).

2.1.8. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Los desechos humanos y animales constituyen elementos de riesgo para el agua, provocando una diversidad de enfermedades en la población. Es de suma importancia prevenir y regular la contaminación, dado el imperativo urgente de tomar medidas contra la contaminación y la escasez de agua, con el propósito de salvaguardar la salud humana

y los ecosistemas (Larramendi et al., 2021). El agua se ve afectada por microorganismos. Las bacterias, especialmente las de origen fecal, son las que más afectan y provocan afecciones gastrointestinales (Dueñas & Hinojosa, 2021). El agua contaminada representa un problema de extrema gravedad que pone en peligro nuestra salud, y es la causa principal de más decesos. Adicionalmente, las fuentes de agua potable son escasas, por lo que es necesario implementar medidas antes de que este problema se agudice (NRDC, 2023).

2.1.9. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Las características bacteriológicas que suelen mantenerse son los coliformes totales y los coliformes fecales, así como la presencia de otros microorganismos peligrosos que transmiten enfermedades en el agua (Aquino, 2017).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. COLIFORMES TOTALES

Son bacterias con características aeróbicas y anaeróbicas, gram negativas, no esporuladas y de forma alargada. Se desarrollan en colonias de color rojo brillante metálico en un medio tipo Endo. Tienen lactosa tras una incubación de 24 horas a 35 °C y son indicadores de la calidad del agua para consumo humano (Flores, 2016). Pueden hallarse en las excretas y en el medio ambiente, por ejemplo, aguas ricas en nutrientes, suelos, vegetales en descomposición. También hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces, pero que se multiplican en el agua; el grupo coliforme está formado por todas las bacterias Gram. Bacterias negativas que no forman esporas, tienen forma de bastón y pueden vivir sin oxígeno o con él. Fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35 °C, y pueden crecer en presencia de sales biliares y otros detergentes (DIGESA, 2000).

2.2.2. COLIFORMES FECALES

Los coliformes termotolerantes son un grupo reducido de microorganismos que pueden resistir temperaturas altas, hasta 45 °C. Son usados como indicadores de la calidad del agua, ya que estas bacterias provienen de heces e incluyen la *E. coli*. (Hernandez, 2008). Los termotolerantes diferentes de *Escherichia coli* pueden proceder de aguas orgánicamente enriquecidas, como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición (DIGESA, 2000).

2.2.3. ESCHERICHIA COLI

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes (Sperling, 2005).

2.2.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Expresa salinidad, presencia considerable de sales en las aguas, y que afecta la vida acuática; muchas de estas sales disueltas son compuestas que producen partículas eléctricamente cargadas (iones). Este indicador resultó aceptable, por lo que no existen evidencias de niveles de salinización de las aguas (Mejia, 2005).

2.2.5. TEMPERATURA

La temperatura es una condición ambiental fundamental, citada en diversos estudios relacionados con el monitoreo de la calidad de las aguas. Es la medida de la intensidad del calor; este parámetro influye en algunas propiedades del agua (densidad, viscosidad, oxígeno disuelto) (Sperling, 2005).

2.2.6. SULFUROS

Los compuestos de sulfatos se forman por la oxidación del mineral de sulfito, que ocurre cuando el agua disuelta percola desde las aguas superficiales hacia las aguas subterráneas a través de las formaciones rocosas. Las concentraciones mayores a los

1600 mg/l de sulfatos producen diarrea en los animales y, para el hombre, tienen efecto laxante al consumir concentraciones de 1000 a 1200 mg/l (Severiche & Gonzales, 2012).

2.2.7. CLORUROS

El ion cloruro (Cl^-) es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. La determinación de este parámetro es importante cuando se tiene un conocimiento del agua de un abastecimiento, ya que, cuando el agua aparece contaminada, estos tienden a estar en exceso. Este puede ser indicio de contaminación por excretas humanas o, particularmente, por la orina, que contiene cloruros en proporción aproximada a la consumida en la alimentación. (Cava, 2016).

2.2.8. TURBIDEZ

Es un indicador de la calidad del agua. Este indicador nos permite observar los sólidos en suspensión, los cuales interfieren en procesos como la fotosíntesis y el paso de la luz solar. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, menor es la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa (Casilla, 2014).

2.2.9. pH

Expresa el grado de acidez o alcalinidad de una solución. De 0 a 7, la solución es ácida; de 7 a 14, se dice que la solución es básica. La solución no tiene unidad de medida. (Buelta & Martinez, 2015). Y para un pH de 7 representa alcalinidad, y lo contrario indica acidez. La alteración excesiva fuera de estos límites puede indicar contaminación del abastecimiento de agua por algún desecho de tipo industrial. Los límites máximos permisibles aceptables son 6,5 – 8,5 grados y los límites máximos permisibles son 6,5 – 9,2 grados (Cava, 2016).

2.2.4. MARCO NORMATIVO

- **Ley General del Ambiente - Ley N.º 28611**
- Acceso al agua como derecho humano (Art. 114):

El agua destinada al consumo humano es reconocida como un derecho fundamental.

El Estado tiene la obligación de proteger y vigilar las fuentes de agua utilizadas por la población. En caso de escasez, el suministro para uso doméstico debe tener prioridad sobre otros fines.

- Gestión responsable del agua (Art. 72):

Las aguas superficiales y subterráneas son patrimonio público del Estado. Su administración debe garantizar un uso sostenible que preserve su disponibilidad y calidad para las generaciones actuales y futuras.

- Deber de cuidado en el uso del agua (Art. 75):

Quienes hacen uso del agua, ya sean personas o empresas, deben prevenir su contaminación y asumir la responsabilidad económica por los daños que puedan ocasionar al recurso hídrico.

- Transparencia y participación (Art. 6):

Se reconoce el derecho de los ciudadanos a acceder a información sobre el agua y su gestión. Además, se promueve la participación activa de la población en decisiones ambientales que los involucren.

- **Decreto Supremo N.º 031-2010-SA:** Aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

- **Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. El Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales**

- Establece los procedimientos técnicos y metodológicos para evaluar la calidad del agua en cuerpos naturales como ríos, lagos y lagunas. Este protocolo fue aprobado mediante la y es una herramienta clave para la gestión ambiental y la toma de decisiones en la conservación de los recursos hídricos.

- **El Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM** aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua en Perú.

- Establece los niveles máximos de concentración de diversos elementos y compuestos en cuerpos de agua, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las letrinas influyen negativamente en la calidad del agua de pozo, elevando los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos y afectando la salud de los pobladores del barrio Chacarilla Alta - Puno.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El agua de pozo del barrio Chacarilla Alta presenta niveles elevados de coliformes y otros indicadores microbiológicos por la cercanía a las letrinas.
- El consumo de agua de pozo contaminada, tiene efectos negativos en la salud que acarrear enfermedades gastrointestinales y otras afecciones de salud.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El lugar de estudio es el barrio Chacarilla Alta del distrito, provincia de Puno. Está conformado por familias que tienen pozos de agua para consumo humano y letrinas y/o silos para sus necesidades biológicas. Las coordenadas UTM son 19L 390491 - 8247235 (Figura 1).



Figura 01: Ubicación de los puntos de muestreo

Fuente: Google Maps

La zona fue elegida debido a la falta de acceso al agua potable y a los servicios de alcantarillado en el barrio mencionado. Se consideraron los numerosos casos de enfermedades gastrointestinales y la necesidad de las familias de consumir agua de pozo directamente sin tratamiento, además de la cercanía de las letrinas y/o silos. Según INEI (2017), en el barrio Chacarilla Alta, muchas familias no cuentan con los servicios básicos de saneamiento; estos son alrededor del 40% del total de la población del barrio Chacarilla Alta.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población de estudio estuvo conformada por el agua de pozos del barrio Chacarilla Alta de la ciudad de Puno.

3.2.2 MUESTRA

La muestra estuvo conformada por un total de seis pozos identificados con los códigos P-01 al P-06. En cada uno de estos pozos se tomó una muestra de un litro de agua por pozo para su respectivo análisis microbiológico en laboratorio. La selección de los puntos de muestreo se realizó, considerando la cercanía a fuentes potenciales de contaminación, como las letrinas, así como sus coordenadas UTM. En la Tabla 01, se detallan los pozos seleccionados para el muestreo, sus coordenadas y la distancia entre cada pozo y las letrinas más cercanas

Tabla 01: Identificación de los puntos de muestreo

Pozos	Coordenadas UTM	Distancia de las letrinas a los pozos
P-01	390491 - 8247235	11 m
P-02	390488 - 8247195	8 m
P-03	390464 - 8247224	6 m
P-04	390505 - 8247124	12 m
P-05	390459 - 8247164	10,5 m
P-06	390451 - 8247196	7,32 m

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO

Se tomaron muestras no probabilísticas de 1000 mL de agua de pozo, siguiendo la guía para muestreo RJ-010-2016 ANA. Además, el reglamento de la calidad de agua para consumo humano según el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA; finalmente, el análisis de los resultados determinó evaluar la influencia de las letrinas en el agua de pozo que consume la población del barrio Chacarilla Alta y luego compararlo con el ECA del agua según el D.S. 004-2017-MINAN.

3.3.2. TÉCNICAS

Para la obtención de datos, se procedió con las siguientes técnicas (anexos 5-8):

Se realizó el plan de muestreo de acuerdo al protocolo de muestreo de aguas

Se tomaron 06 muestras de agua de pozo de 1000 mL, tomando a consideración la distancia de letrinas. Se utilizó material de plástico para evitar la alteración de los

parámetros microbiológicos de la muestra. También se consideraron las condiciones de seguridad y el etiquetado respectivo antes de trasladarlas a MEGA LABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. Se usaron los siguientes instrumentos:

- Cadena de custodia
- Ficha de muestreo
- Ficha de recolección de datos
- Ficha de datos generales (fecha, hora, lugar, nombre del ejecutor de muestreo).
- Ficha de datos climáticos (temperatura, presión atmosférica, precipitación antes y durante el muestreo).

3.3.3. MATERIALES

Tabla 02: Materiales

Materiales	Cantidad
Envase para la muestra	01
Cuaderno de campo	02
Frascos de vidrio transparente de 1000 ml	03
1 litro de agua destilada	01
Pizarra acrílica	01
Cinta adhesiva masking tape	01
Guantes de nitrilo	10
Mascarilla	03
Cooler	01
Mandil	01
Barbijo	01

Tabla 03: Equipos

Equipos	Cantidad
Laptop portátil	01
Cámara digital	01
GPS GARMIN 64SX	01
Ultrameter II 6 PFC	01
Grabadora	01
USB	01

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VI			• Alta
Letrinas		• Coliformes fecales	• Baja
			- Superan
VD	Microbiológica	• Coliformes totales	los ECA.
Calidad del agua de pozo		• <i>Escherichia coli</i>	- No superan los ECA.

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación es cuantitativo y de tipo descriptivo; se usó la recolección, análisis e interpretación de datos recabados.

3.5.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- **Tipo y diseño de investigación:** La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y transversal, ya que los datos se recolectaron en un único momento.
- **Nivel de investigación:** Fue de tipo descriptivo, ya que se busca describir las características del fenómeno estudiado e identificar los efectos del consumo de agua contaminada.
- **Método:** Se usó el razonamiento deductivo, que se basa en el análisis e interpretación de los resultados de laboratorio y de las encuestas.

3.5.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Determinar el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos presentes en el agua de pozo del barrio Chacarilla Alta - Puno.

Recolección de muestras: Se tomarán 06 pozos de muestreo; estos son cercanos a las letrinas.

- Tomando en consideración la guía para muestreo RJ-010-2016 ANA.
- Se prepararon frascos de vidrio debidamente esterilizados.
- Se tomaron las coordenadas de los pozos a muestrear y demás datos que se muestran en el ANEXO 02.
- Se utilizará un cordón de nylon esterilizado para el muestreo de los pozos.
- Se codificarán las muestras en las etiquetas con los datos requeridos.
- Las muestras se transportaron en un cooler de tecnopor que permite que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se tomarán muestras de agua de pozo en el barrio Chacarilla Alta, Puno, según las disposiciones del DS 031-2010-SA y la RJ 010-2016-ANA, para analizar microbiológicamente en laboratorio. Para ello:

- Se identificaron los pozos mediante coordenadas UTM y se registrarán las condiciones ambientales durante la recolección.
- Se tomaron muestras en los transectos de letrina más cercanos a cada pozo a muestrear.
- La extracción de muestras se llevó a cabo entre las 9:00 y las 10:00 horas, horario en el que el índice de calor es moderado.
- Primero, se extrajo agua en un envase de vidrio amarrado con soga de nylon previamente esterilizado. Luego, se vació aproximadamente 1000 ml de agua de cada pozo en otro envase. Finalmente, se rotuló el envase indicando la fecha, hora, punto de muestreo y las características del pozo muestreado.

Objetivo específico 2. Identificar los efectos en la salud de la población por el consumo de agua contaminada de pozo.

Para lograr este objetivo, se realizó un cuestionario de 5 preguntas sobre los efectos en la salud que tienen las familias que participarán en el estudio. Las 5 preguntas estuvieron estructuradas exclusivamente en identificar síntomas, afecciones y enfermedades que puedan estar relacionadas con el consumo de agua de pozo contaminada por materia fecal, tal como se muestra en el Anexo 04.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01: DETERMINAR EL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS PRESENTES EN EL AGUA DE POZO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO

4.1.1. COLIFORMES TOTALES

Tabla 05: Media de Coliformes Totales

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	100	190	147.5

En la Tabla 05, se observa el resumen estadístico, lo cual indica que la media de coliformes totales es de 147.5; la concentración de estos microorganismos en las muestras de agua supera los límites establecidos, según el ECA del agua. Estos resultados afirman que existe una elevada concentración de Coliformes totales, y es un riesgo para la salud humana.

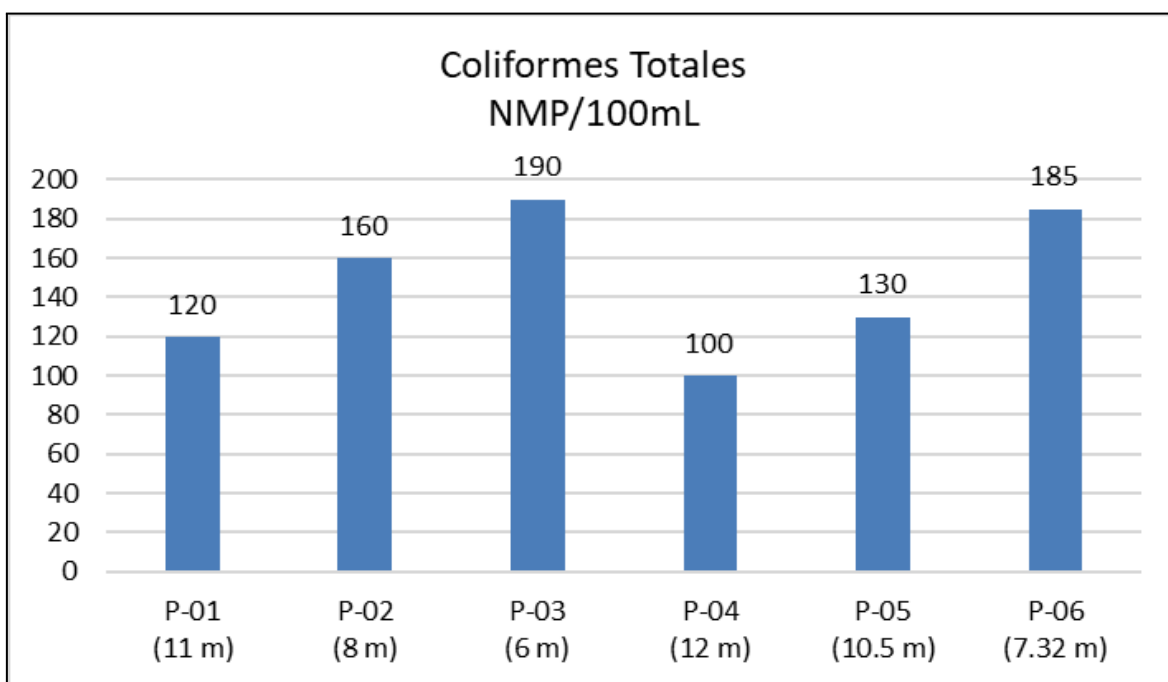


Figura 02: Contenido de coliformes fecales

En la Figura 02, se observa una elevada concentración de coliformes totales; las concentraciones elevadas se encuentran más cercanas a las letrinas (ver Anexo 4). En el P-03, tienen una concentración de 190 NMP/100 mL y está ubicado a una distancia de 6 metros de la letrina, y los P-06 a 7.32 m, con 185 NMP/100 mL, y P-02 a 8 m, con 160 NMP/100 mL. Los valores superan el límite permitido del ECA del agua. Estos resultados señalan que, a medida que la letrina está más próxima al pozo, mayor es la concentración de coliformes, los cuales incrementan el riesgo de la contaminación por materia fecal en el agua subterránea. Sin embargo, los pozos P-04, ubicado a 12 metros de la letrina, y P-01, ubicado a 11 metros, muestran valores menores de 100 y 120 NMP/100 mL respectivamente, lo que indica que una mayor distancia podría contribuir a la disminución de la contaminación. Sin embargo, todos los puntos analizados superan los estándares de calidad establecidos, lo que revela un problema generalizado. Esto evidencia una falta de planificación sanitaria, ya que la poca distancia entre letrinas y los pozos de agua representa un riesgo para la salud de las personas que consumen esta agua sin tratamiento.

Los resultados de este estudio concuerdan con las investigaciones que han encontrado altos niveles de coliformes totales en aguas subterráneas. La proximidad de letrinas, la falta de cobertura adecuada en los pozos y la ausencia de tratamientos efectivos son las causas más frecuentes de contaminación. Además, lo mencionan Tekoum et al. (2024) y Pancca (2021), quienes afirman que la mala disposición de las letrinas es una fuente potencial de contaminación microbiológica. También lo confirman Callo y Coyla (2020), quienes mencionan que ni la profundidad del pozo ni la distancia garantizan la calidad del agua si no existe un control técnico adecuado.

Los hallazgos son consistentes con González et al. (2023) y Elías et al. (2022), quienes señalan que la mayor parte de los pozos rurales carece de procesos de desinfección. Inclusive, los datos se relacionan con lo observado por Montiel y Gómez (2023), que apuntan a que la contaminación no se limita a fuentes superficiales. Por lo tanto, esta investigación refuerza las conclusiones de otros trabajos.

4.1.2. COLIFORMES FECALES

Tabla 06: Media de Coliformes fecales

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	30	75	50.83

En la Tabla 06, se observa el resumen estadístico donde la media de coliformes fecales es de 50.83 NMP/100 mL, lo que refleja que los niveles de estos patógenos exceden los límites permisibles del ECA del agua. Esto indica que existe una contaminación de materia fecal en los pozos de agua.

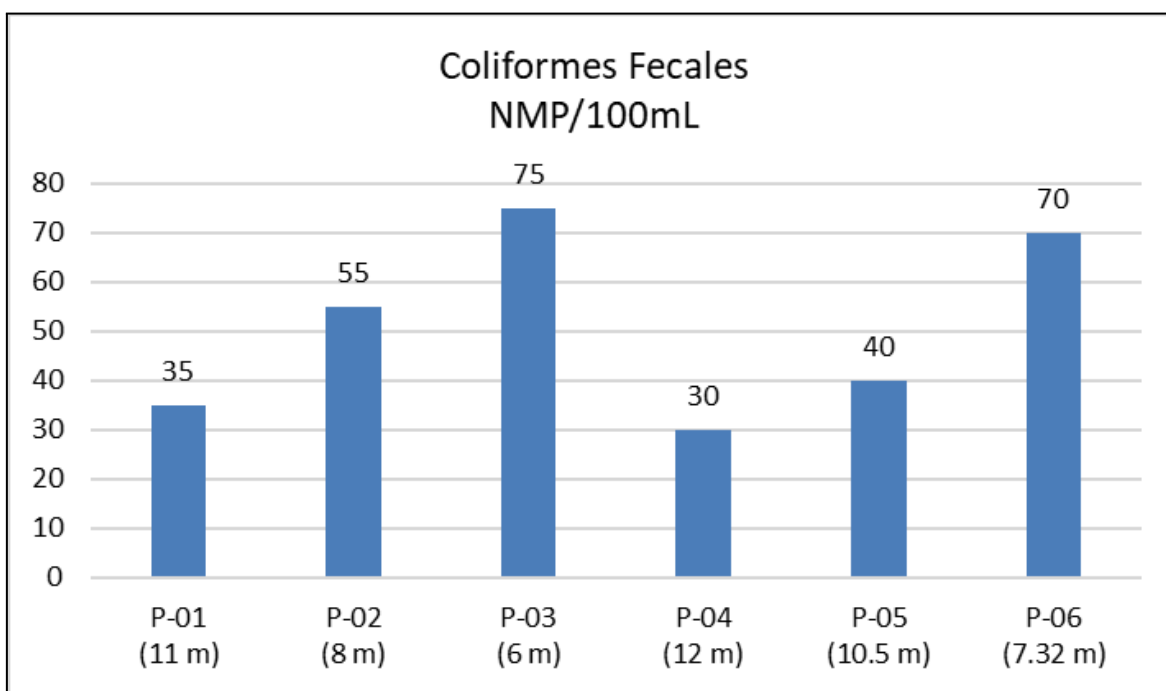


Figura 03: Contenido de Coliformes Fecales

En la Figura 03, se observa que las concentraciones de coliformes fecales son significativamente elevadas en los pozos cercanos a las letrinas. En el P-03, existe una elevada concentración de 75 NMP/100 mL y está ubicado a una distancia de 6 metros de la letrina, y los P-06 ubicados a 7.32 m, con 70 NMP/100 mL, y P-02 ubicado a 8 m, con 55 NMP/100 mL. Los valores superan el límite permitido del ECA del agua. Los resultados muestran que las letrinas cercanas son una fuente importante de contaminación. La proximidad de las letrinas permite que los patógenos fecales se filtren a través del suelo y entren en el agua subterránea, aumentando la concentración de coliformes fecales en el agua del pozo. Esta contaminación fecal puede ser causada por la colocación incorrecta de letrinas cerca de las fuentes de agua, lo que permite que las bacterias patógenas se infiltren y representan un grave riesgo para la salud de la población que bebe el agua.

Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Tekoum et al. (2024), quienes demostraron que la cercanía de letrinas a los pozos incrementa de manera significativa los niveles de E. coli y coliformes, esta situación se atribuye a la infiltración de

contaminantes en suelos permeables y a la ausencia de barreras sanitarias, lo cual también se refleja en nuestro estudio; además, Márquez et al. (2023) identificaron coliformes fecales por encima de los límites en un embalse, y Montiel y Gómez (2023) registraron contaminación fecal en aguas costeras, lo que confirma que la problemática se repite incluso en realidades distintas. Así mismo; Pancca (2021) atribuyó la contaminación a la cercanía de letrinas y a la falta de educación sanitaria, mientras que Callo y Coyla (2020) confirmaron que la distancia menor a 20 metros entre pozos y letrinas es un factor determinante, lo que respalda directamente los resultados de nuestra investigación. En conjunto, estas coincidencias evidencian que la contaminación microbiológica del agua de pozo es un problema estructural y persistente, cuya consecuencia inmediata es el aumento de enfermedades gastrointestinales y otros riesgos sanitarios en la población, lo que exige medidas de control urgentes como la cloración, el monitoreo continuo y la educación sanitaria comunitaria.

4.1.3. ESCHERICHIA COLI

Tabla 07: Media de Escherichia coli

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	25	68	46

La Tabla 07 muestra un resumen estadístico de los niveles de Escherichia coli encontrados en 6 pozos. Los resultados muestran el valor mínimo de 25 NMP/100 mL y el máximo de 68 NMP/100 mL, y una media de 46 NMP/100 mL.

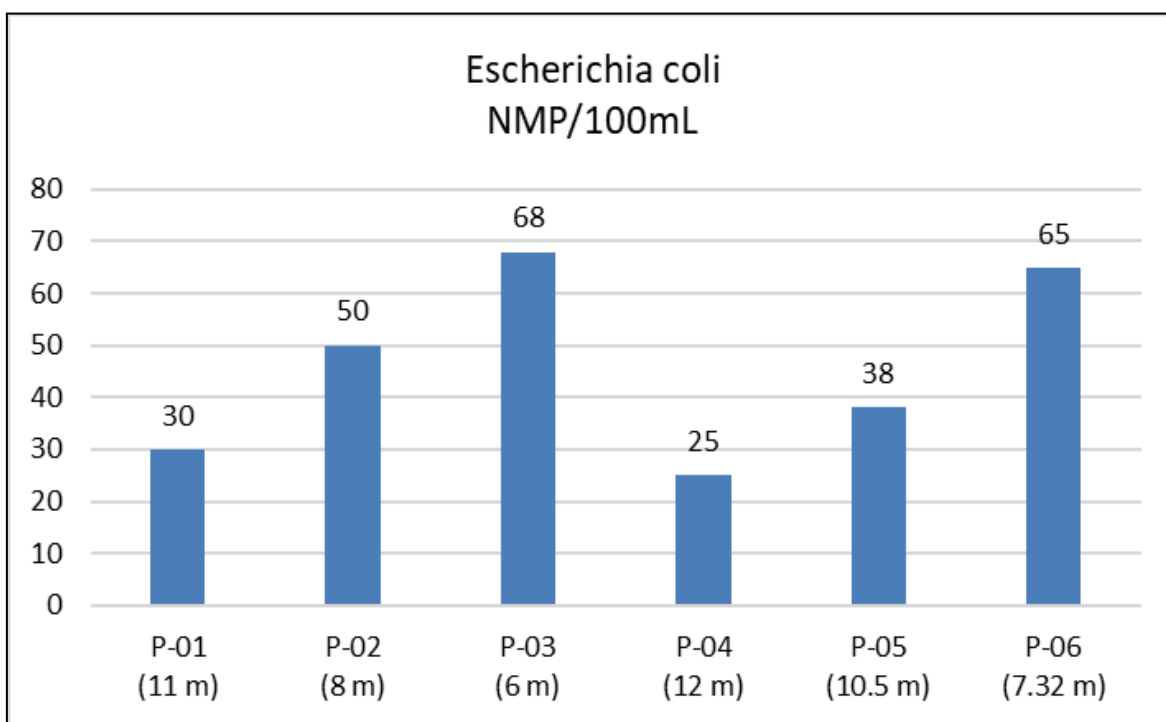


Figura 04: Contenido de Escherichia coli

En la Figura 04, se observan las concentraciones de Escherichia coli. el pozo con mayor concentración es el P-03, que se encuentra a solo 6 metros de distancia y tiene 68 NMP/100 mL. El P-06 (7,32 m) con 65 NMP/100 mL, y el P-02 (8 m) con 50 NMP/100 mL. Los pozos que están a mayor distancia de las letrinas, como el P-04 (12 m) y el P-01 (11 m), presentan niveles bajos, con 25 y 30 NMP/100 mL, respectivamente. Sin embargo, ningún pozo está libre de E. coli, lo que indica que el agua subterránea está contaminada en general. Esto puede ser debido a la infiltración de aguas negras o residuos fecales debido a la cercanía con letrinas mal diseñadas o ubicadas. Esta situación demuestra que existe una grave amenaza para la salud pública, especialmente en las zonas rurales donde muchas personas beben esta agua sin ningún tratamiento.

Los resultados obtenidos son semejantes a los obtenidos por Tekoum et al. (2024), quienes señalaron que la cercanía entre letrinas y pozos de agua profundos es un factor clave para que la presencia de Escherichia coli en agua subterránea sea alta. En nuestro caso, el punto más preocupante resulta ser el P-03, que registró 68 NMP/100 mL, y el

P-06, que presentó 65 NMP/100 mL, y ambos pozos están a menos de 8 metros de profundidad. Igualmente, nuestras cifras se alinean con el trabajo de Pancca (2021), que documentó altos valores de E. coli en sectores donde prácticas higiénicas deficientes contaminan el agua. Callo y Coyla (2020) también encontraron microorganismos en pozos cercanos a letrinas, independientemente de la profundidad, y nuestro punto P-04, con una profundidad de 12 metros, dio 25 NMP/100 mL, muy por encima del límite de 0 NMP/100 mL que se admite para agua potable. Además, nuestros números superan los de Elías et al. (2022), que reportaron entre 2,7 y 16,1 NMP/100 mL, y ello sugiere que la contaminación por E. coli es más severa en esta medición. El riesgo de enfermedad se agrava en ausencia de tratamiento y de redes de saneamiento adecuadas.

4.1.4. PH

Tabla 08: Media de pH

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	7.4	7.85	7.62

La Tabla 08 muestra que la media del pH es 7.62, lo que significa que el agua es alcalina. Este valor está dentro del rango aceptable para el agua potable, lo que significa que el agua no presenta ningún riesgo relacionado con la acidez o la alcalinidad.

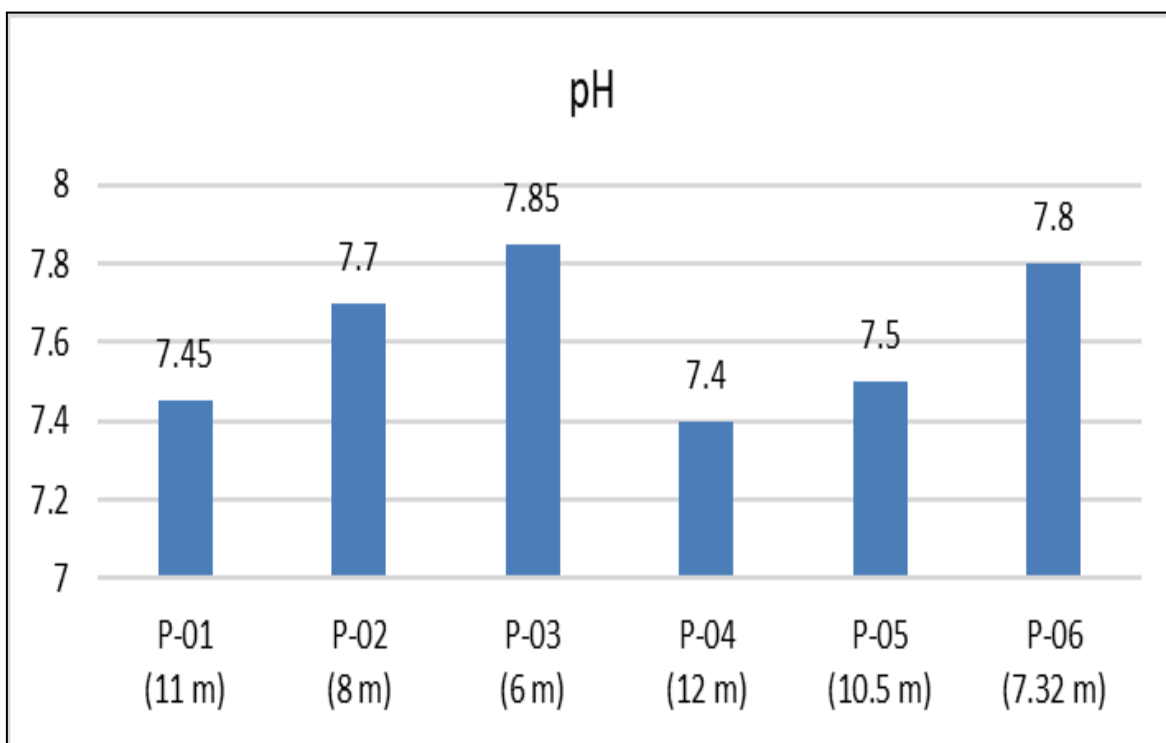


Figura 05: Niveles de pH

En la Figura 05, los valores de pH oscilan entre 7.4 y 7.85, lo que indica que el agua es ligeramente alcalina, un rango generalmente adecuado para el consumo humano. Sin embargo, en los puntos más cercanos a las letrinas, se observa una ligera variabilidad en el pH. La filtración de residuos orgánicos de las letrinas puede alterar el equilibrio del pH en el agua, ya que los residuos de las letrinas pueden contener compuestos que acidifican o alcalinizan el agua. Este cambio en el pH podría estar relacionado con la descomposición de materia orgánica proveniente de las letrinas y su infiltración en el agua subterránea, afectando potencialmente la calidad del agua para consumo humano y agrícola. Además, los coliformes y E. coli se desarrollan mejor en un pH neutro; sin embargo, este pH mantiene un valor tolerable para estos patógenos.

Nuestros resultados coinciden con los de Pancca (2021) y con Callo y Coyla (2020), los cuales informaron valores de pH que se mantienen dentro de lo que permite la norma sanitaria peruana (D.S. N.º 031-2010-SA), que va de 6.5 a 8.5. En esta evaluación, los números se mueven entre 7.4 (P-04) y 7.85 (P-03), logrando un pH levemente alcalino y a

la vez estable, que es propio de aguas subterráneas que no sufren la entrada de fluidos ácidos ni de oxidaciones fuertes. Coincidimos también con Valenzuela y Yucra (2022), quienes en los pozos del Parque Industrial Taparachi encontraron que el pH se quedó en los límites aceptables, aunque advirtieron que este pH por sí solo no asegura que el agua sea potable. Montiel y Gómez (2023), subrayan que, aunque en aguas marino-costeras el pH se ve correcto, todavía hay riesgos microbiológicos, y esto se vuelve a ver en la presente evaluación, en la que, a pesar de un pH que parece aceptable, se midieron cantidades altas de coliformes totales, fecales y de E. coli. Por lo tanto, aunque el pH no sea un peligro inmediato, hay que mirarlo junto con otros parámetros para entender de verdad la calidad del agua.

4.1.5. TEMPERATURA

Tabla 09: Media de Temperatura

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	13.9	15.2	14.50

En la Tabla 09, se observa que la media de la temperatura es de 14.50°C, lo que indica que la temperatura del agua es estable y se encuentra dentro de un rango adecuado para evitar la proliferación de patógenos. La temperatura no representa un riesgo inmediato de contaminación microbiana, ya que no favorece el crecimiento bacteriano en exceso.

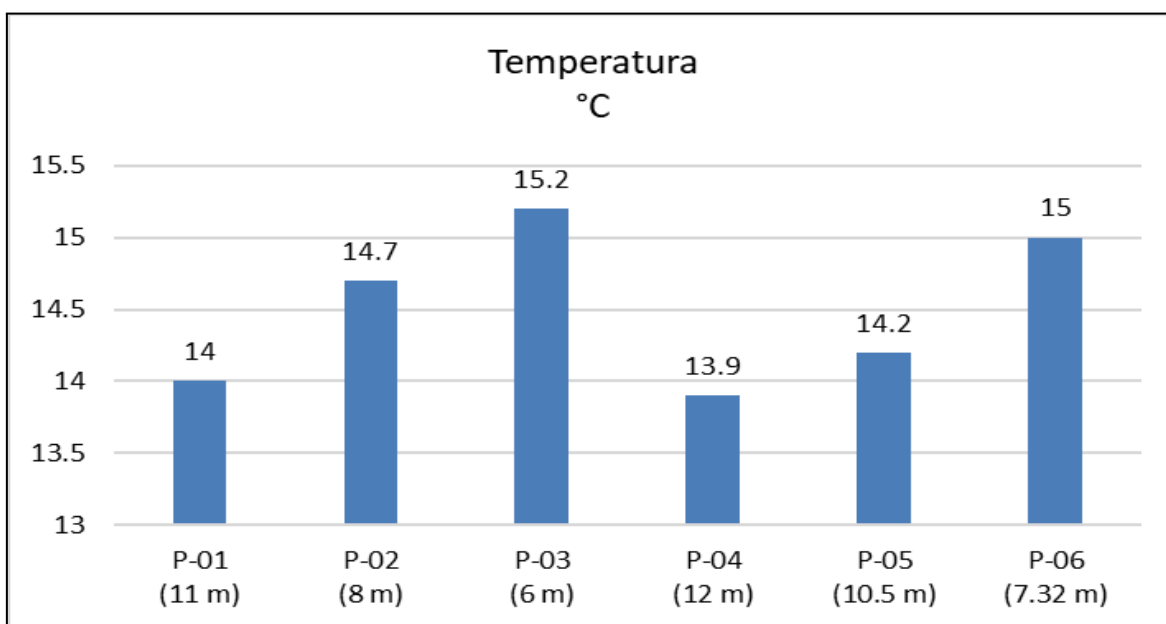


Figura 06: Niveles de Temperatura

En la Figura 06, se observan los niveles de temperatura, donde la mayor concentración de parámetros microbiológicos está cercana a las letrinas y en ellas se encuentra el pozo P-03, con una temperatura de 15.2 °C, y la menor en el pozo P-04 con una temperatura de 13.9 °C. La temperatura influye en la supervivencia y reproducción de microorganismos; mientras que en aguas con temperaturas menores, el metabolismo de estos microorganismos disminuye, sin embargo, esto no indica que no estén presentes, además si la temperatura es elevada podrían acelerar su crecimiento y reproducción de estos microorganismos, por lo tanto la temperatura es muy importante porque actúa como un regulador de la presencia de estos patógenos.

Los resultados obtenidos coinciden con los de Valenzuela y Yucra (2022), que encontraron que las temperaturas del agua subterránea se mantienen bastante estables y dentro de un rango natural, sin alcanzar valores que puedan afectar la calidad del recurso. En esta investigación, los registros variaron entre 13,9 °C (P-04) y 15,2 °C (P-03), lo que reafirma que la temperatura del agua subterránea se relaciona principalmente con la profundidad del pozo, la radiación solar y las características geológicas del área. Asimismo, Montiel y Gómez (2023) señalaron que, aunque los

cuerpos de agua costeros presentaron temperaturas más altas por causas ambientales, ese incremento por sí mismo no se considera problemático, siempre y cuando no se observen cambios en otros parámetros fisicoquímicos. Por lo tanto, los datos aquí presentados respaldan la conclusión de esos autores. Las temperaturas encontradas son indicativas de un comportamiento normal en aguas subterráneas y no constituyen un riesgo inmediato para su calidad. Aunque pueden afectar la dinámica microbiana, como lo muestran las concentraciones elevadas de coliformes halladas en los puntos más cálidos (P-03 y P-06).

4.1.6. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Tabla 10: Media de Conductividad Eléctrica

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	1.3	1.6	1.44

En la Tabla 10, se observa que la media de la conductividad eléctrica es de 1.44 mS/cm; el agua de los pozos en estudio presenta una baja concentración de sales solubles. Lo que nos indica que este parámetro se encuentra dentro de los límites permisibles del ECA del agua.

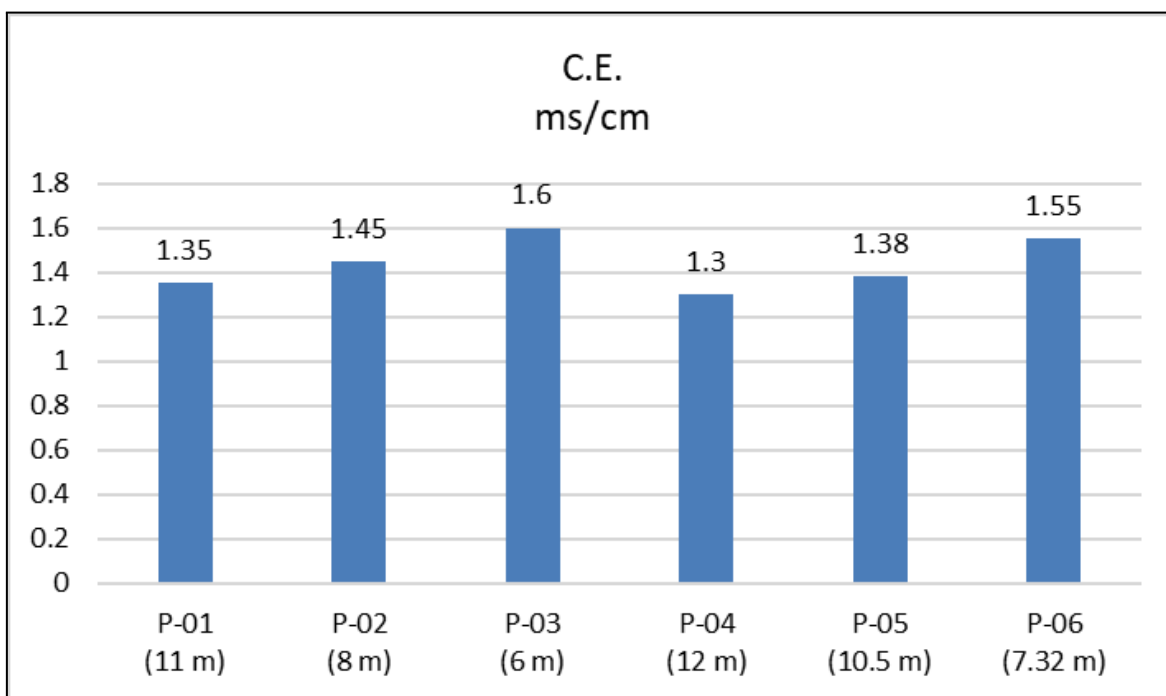


Figura 07: Concentraciones de C.E

Como se observa en la Figura 07, la conductividad eléctrica del agua varía entre 1.3 mS/cm y 1.6 mS/cm. La conductividad eléctrica nos indica que existen nutrientes, materia orgánica y una contaminación; todas estas condiciones son aptas para la proliferación de microorganismos como son los coliformes y E. coli. Sin embargo, un bajo nivel de la C.E. no quiere decir que no haya patógenos. Además, se presenta una ligera variabilidad en los niveles de C.E., lo que nos puede indicar que existe una mayor infiltración de materia fecal, que proviene de las letrinas. Aunque la variabilidad no es muy grande, las letrinas cercanas pueden agregar sales solubles, como nitratos y fosfatos, que al filtrarse en el agua del pozo aumentan un poco la conductividad eléctrica.

Nuestros resultados concuerdan con los de Valenzuela y Yucra (2022), quienes hallaron la conductividad eléctrica (C.E.) dentro de los límites que la normativa sanitaria permite, lo que sugiere que el agua subterránea examinada no presenta salinidad que amenace su potabilidad. En este trabajo los registros variaron entre 1.3 ms/cm (P-04) y 1.6 ms/cm (P-03), valores que apuntan a una mineralización intermedia, típica de aguas previstas en contacto con unidades geológicas que contienen sales disueltas. La evidencia se

escuadra también con los hallazgos de Pancca (2021), que reportó conductividad dentro del intervalo habitual en pozos sin injerencia directa de aguas residuales ni salinización por infiltración superficial. Montiel y Gómez (2023) indicaron que mediciones de conductividad algo elevadas pueden originarse por procesos naturales de disolución de minerales en lugar de contaminación de origen humano. Así, se considera que la conductividad detectada en los seis puntos de muestreo no se traduce en un problema aislado, aunque debe vigilarse conjugada con otros índices, ya que aumentos altos y persistentes pudieran relacionarse con infiltraciones de aguas contaminadas o variaciones en la calidad del acuífero a lo largo del tiempo.

4.1.7. OXÍGENO DISUELTO

Tabla 11: Media de Oxígeno Disuelto

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestras	6	5.70	6.05	5.88

En la Tabla 11, se observa que la media de oxígeno disuelto es de 5.88 mg/L, el valor máximo es de 6.05 mg/L y el valor mínimo es de 5.70 mg/L. Estos resultados indican que los niveles de Oxígeno Disuelto se encuentran dentro de los niveles permitidos según el ECA del agua.

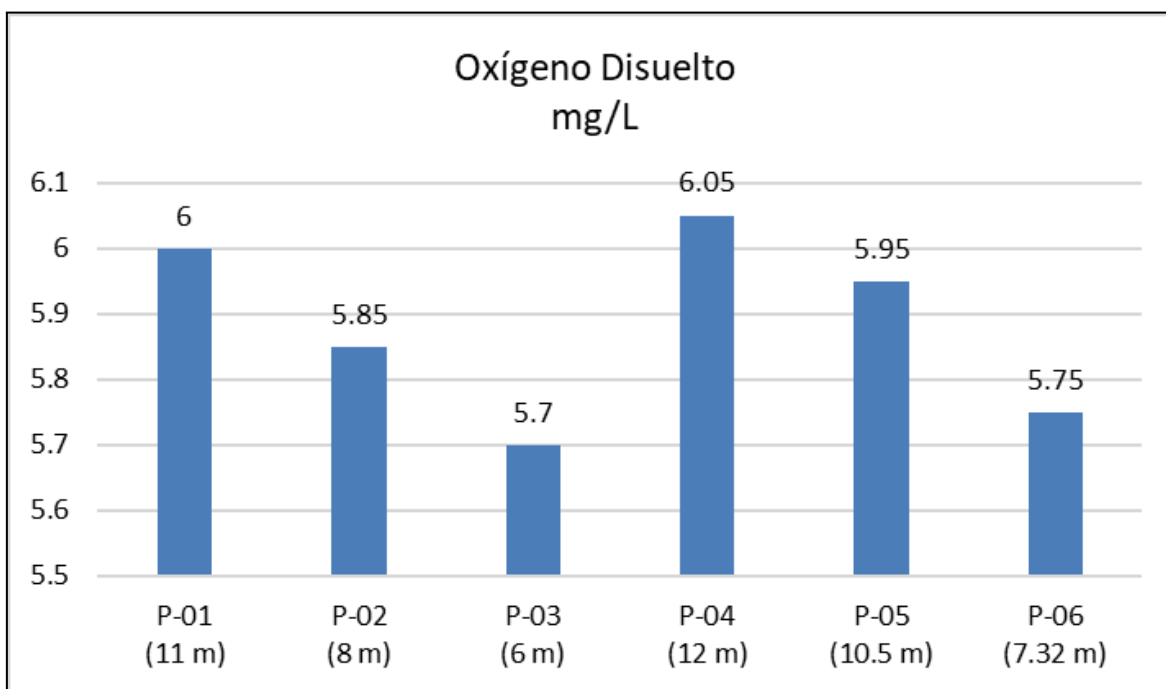


Figura 08: Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Como se observa en la Figura 08, y según los resultados obtenidos, los niveles de oxígeno disuelto en el agua varían entre 5.7 mg/L y 6.05 mg/L, donde el pozo P-03 tiene la menor concentración de Oxígeno de 5.7 mg/L; sin embargo, en este pozo se encontraron mayores niveles de concentración de patógenos, es por ello que los niveles de oxígeno son bajos, como el P-06 y el P-02; es por ello la alta concentración de coliformes y E. coli en estos pozos, dado que los microorganismos consumen oxígeno al descomponer los residuos orgánicos y favorecen la proliferación de estos microorganismos.

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con lo reportado por Valenzuela y Yucra (2022), quienes encontraron que el oxígeno disuelto en aguas subterráneas se mantenía dentro del rango recomendado por la normativa para preservar la salud del recurso, que es entre 5 y 7 mg/L. Aquí, los análisis revelaron desplazamientos entre 5.7 mg/L (muestra P-03) y 6.05 mg/L (muestra P-04), lo que indica una oxigenación moderada y constante, sin señales de procesos anaeróbicos ni acumulación de materia orgánica en descomposición. Los resultados también se alinean con lo indicado por

Montiel y Gómez (2023), quienes subrayan que, si los niveles de oxígeno se ubican dentro del rango normativo, pese a que puedan oscilar por profundidad y temperatura, el riesgo directo se minimiza. Asimismo, Pancca (2021) reportó valores semejantes en pozos de áreas urbanas con letrinas, donde el oxígeno disuelto nunca cayó en niveles críticos, si bien se detectó contaminación microbiológica, hallazgo que también observamos en nuestro trabajo. Por lo tanto, aunque el oxígeno disuelto no parece ser un problema serio, es importante tener en cuenta otros factores, ya que, por sí solo, no demuestra la calidad microbiológica del agua ni asegura que no haya contaminantes orgánicos.

4.1.8. DUREZA TOTAL

Tabla 12: Media de Dureza Total

	Estadísticos			
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	350	390	370.83

En la Tabla 12, se observa que la media de la dureza total es de 370.83 mg/L, siendo el máximo de 390 mg/L y el mínimo de 350 mg/L, estos resultados se encuentran dentro de los niveles permitidos del ECA del agua.

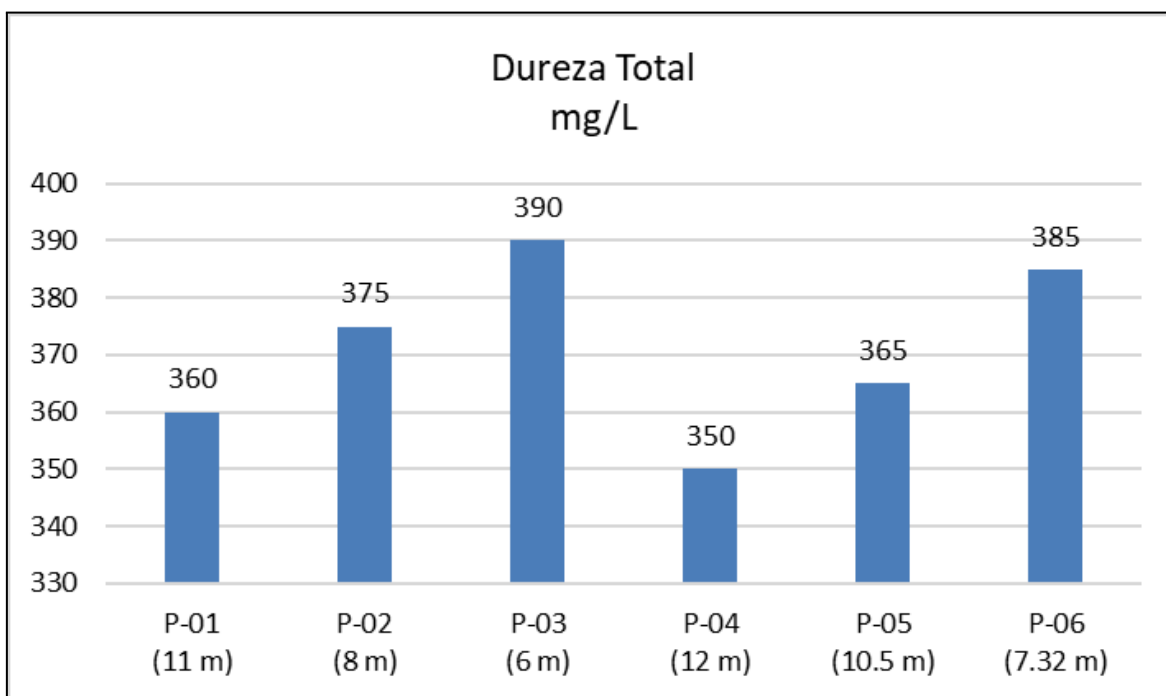


Figura 09: Niveles de Dureza Total

En la Figura 09, observamos los niveles de dureza total, donde varían entre 350 mg/L y 390 mg/L. La concentración de los niveles de dureza total refleja la concentración de calcio y magnesio; no está relacionada con la presencia de microorganismos; sin embargo, los procesos de tratamiento podrían verse afectados por la dureza que presentan. Además, aunque no existe una relación causal directa, esta podría ser un indicador de la calidad del agua y la presencia de microorganismos.

Según nuestros resultados obtenidos, concuerdan con los de Valenzuela y Yucra (2022) para el Parque Industrial Taparachi, donde se documentaron valores de dureza total de hasta 573 mg/L, por encima de los umbrales de calidad para agua potable. En el presente estudio, las determinaciones oscilan entre 350 mg/L (P-04) y 390 mg/L (P-03), lo que clasifica el recurso como agua dura, de acuerdo a la OMS, que fija en 300 mg/L el límite para la mineralización elevada de calcio y magnesio. Señales coincidentes las aportó Pancca (2021) al trabajar en áreas urbanas con perforaciones en terrenos calcáreos y sin pretratamiento. Montiel y Gómez (2023) precisaron que la dureza incrementada no se traduce en peligros microbiológicos directos, aunque incide en el sabor, en la eficacia de

tensioactivos y en la precipitación de depósitos en redes y tanques. Así, si bien los niveles detectados no inducen toxicidad aguda, exigen la integración de procesos de ablandamiento si el recurso se destina a consumo doméstico prolongado, con miras a salvaguardar las instalaciones hidráulicas y a mejorar la percepción de los usuarios

4.1.9. CLORUROS

Tabla 13: Media de Cloruros

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	270	305	286.67

En la Tabla 13, se observa que la media de cloruros es de 286.67 mg/L, lo que indica que los niveles de cloruros en el agua están dentro de un rango moderado. Este hallazgo puede estar relacionado con la actividad minera cercana, que puede incrementar la presencia de estos compuestos en el agua. Aunque no es un riesgo inmediato para la salud, niveles elevados de cloruros pueden afectar el sabor del agua y su idoneidad para ciertos usos.

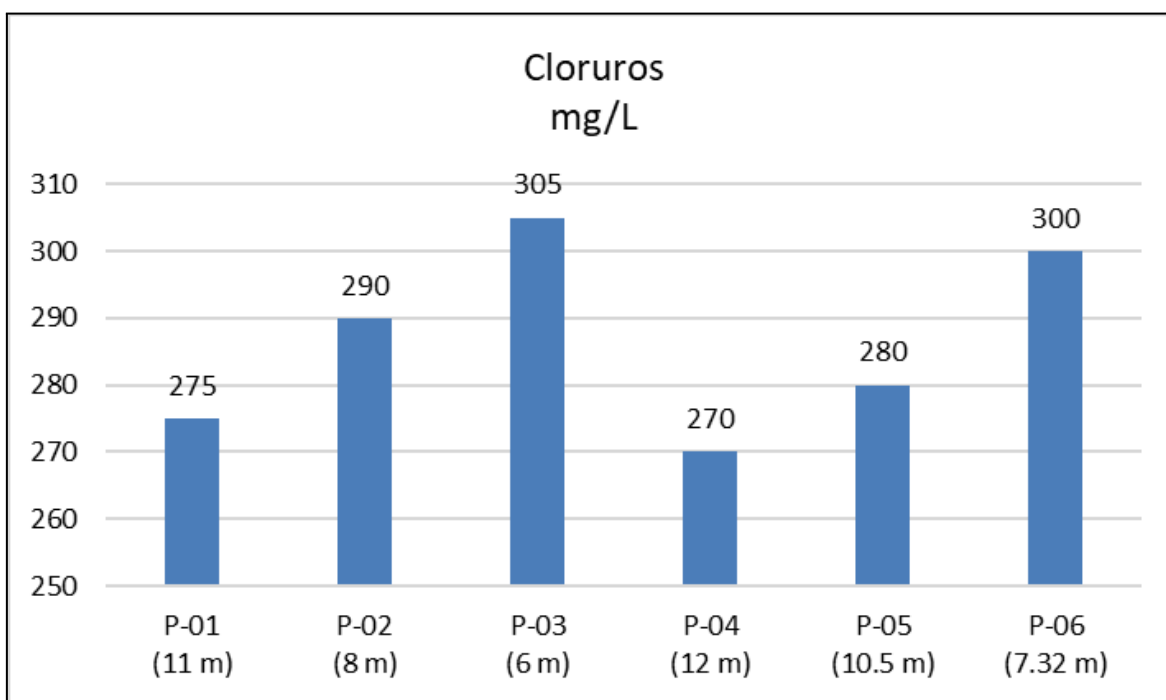


Figura 10: Niveles de Cloruros

En la Figura 10, observamos que los niveles de cloruros (ver Anexo 4) en el agua oscilan entre 270 mg/L y 305 mg/L, en el P-03 existe una concentración de 305 mg/L. También se observa que a menor distancia de la letrina y el pozo, mayor es la concentración de los parámetros mencionados. La presencia de cloruros en el agua de pozo analizada indica que el agua podría estar contaminada por aguas residuales. Además, las letrinas mal ubicadas e incluso a una determinada profundidad podrían afectar la calidad del agua de pozo.

Los resultados de esta investigación concuerdan en parte con los de Montiel y Gómez (2023), quienes observaron concentraciones altas de cloruros en zonas marino-costeras. Ellos relacionaron esos aumentos tanto a factores naturales como a descargas humanas. Aunque este trabajo y el de Marianno difieren en la ubicación, ambos enfatizan que la presencia de cloruros, que no necesariamente indica un riesgo microbiológico inmediato, todavía daña la calidad del agua. En la situación que examinamos, el exceso de cloruros

empeora el sabor, acelera la corrosión de las tuberías y disminuye la efectividad de los usos en el hogar.

4.1.10. SULFUROS

Tabla 14: Media de Sulfuros

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	255	285	269.17

En la Tabla 14, se observa que el valor mínimo de sulfatos es de 255 mg/L, y el valor máximo de los 6 pozos de muestreo es de 285 mg/L, y una media de 269.17 mg/L. En consecuencia, estos resultados exceden los límites permitidos por el ECA del agua.

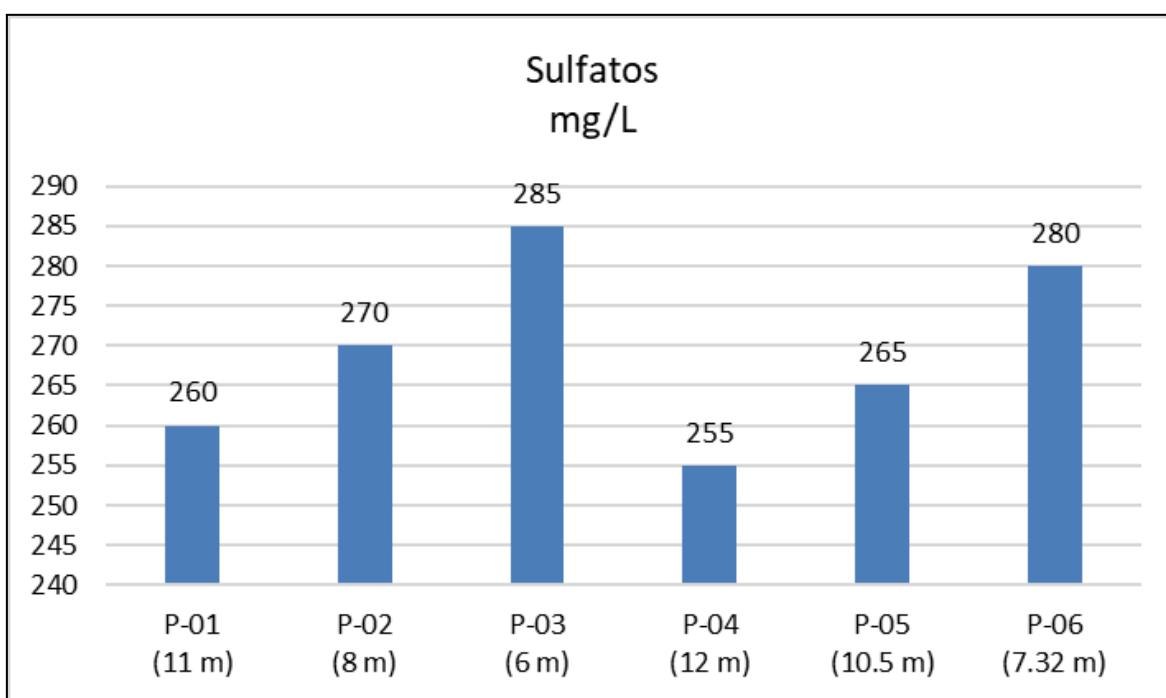


Figura 11: Niveles de Sulfatos

En la Figura 11, observamos los resultados obtenidos de los pozos (ver Anexo 4). El cual en el P-03 se encuentra la mayor concentración de sulfatos de 285 mg/L, con una ligera elevación en los pozos cercanos a las letrinas. El consumo de agua con altos niveles de

sulfato puede causar deshidratación y diarrea, afectando más a los niños. Los sulfatos no forman parte del entorno de los microorganismos, pero sí nos indican la presencia de contaminación por la escorrentía y aguas residuales.

Nuestros resultados concuerdan a los de Valenzuela y Yucra (2022), que también hallaron altos valores de parámetros fisicoquímicos en las aguas subterráneas del Parque Industrial Taparachi, mostrando una mineralización elevada. Coinciden, además, con Montiel y Gómez (2023), quienes advirtieron que los niveles altos de sales, especialmente los sulfatos, provienen tanto de procesos geológicos como de actividades humanas. A diferencia de Elías et al. (2022), que omitieron la medición de sulfatos, nuestros datos subrayan la importancia de un seguimiento continuo. Aunque las concentraciones no rebasan los límites permisibles, su cercanía al mínimo sensible sugiere la necesidad de adoptar acciones preventivas.

4.1.11. NITRATOS

Tabla 15: Media de Nitratos

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	0.01	0.04	0.02

En la Tabla 15, se observa que la media de nitratos es de 0.02 mg/L, el valor mínimo es de 0.01 mg/L y el valor máximo de 0.04 mg/L, estos resultados no exceden los niveles permitidos por el ECA del agua.

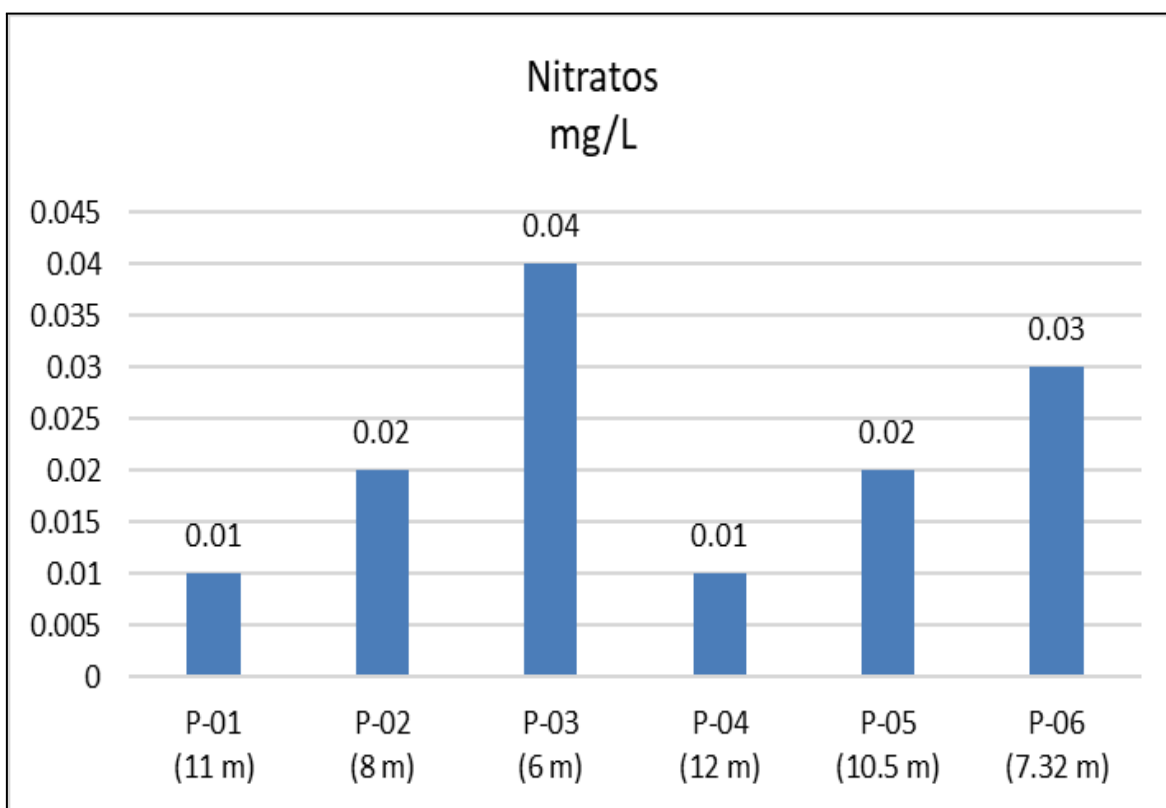


Figura 12: Niveles de Nitratos

En la Figura 12, observamos los niveles de nitratos en el agua de pozo, los cuales nos indican una mayor concentración de nitratos en el P-03 de 0.04 mg/L y la más mínima en el P-04 de 0.01 mg/L. En consecuencia, se relaciona que, a menor distancia de los pozos con las letrinas, mayor es la concentración de los indicadores de contaminación. Además, los niveles de nitratos en el agua son relativamente bajos, aunque los niveles de nitratos no representan un riesgo para la salud, la cercanía de las letrinas a las fuentes de agua podría afectar la calidad del agua a largo plazo.

Nuestros resultados son congruentes con los reportados por González et al. (2023), que documentaron niveles reducidos de contaminantes químicos en embalses de comunidades altoandinas, evidenciando una escasa concentración de nitratos en aguas subterráneas. En este trabajo, las concentraciones de nitratos se situaron entre 0.01 mg/L y 0.04 mg/L. Por el contrario, Vargas (2022) observó una mínima contaminación química en los pozos de San José de Sisa, si bien constató la presencia de contaminantes

microbiológicos. En consecuencia, los niveles detectados en nuestras muestras no suponen un riesgo para la salud pública, aunque subrayan la necesidad de una vigilancia continua que evite aumentos potencialmente vinculados a prácticas agrícolas o a deficiencias en el saneamiento.

4.1.12. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Tabla 16: Media de Sólidos Disueltos Totales

Estadísticos				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Muestra	6	730	780	754.17

En la Tabla 16, se observa el resumen estadístico de Sólidos Disueltos Totales, de los cuales el valor mínimo es 730 mg/L y el máximo es de 780 mg/L, y la media es de 754.17 mg/L. Estos resultados se encuentran dentro de los límites permitidos por el ECA del agua.

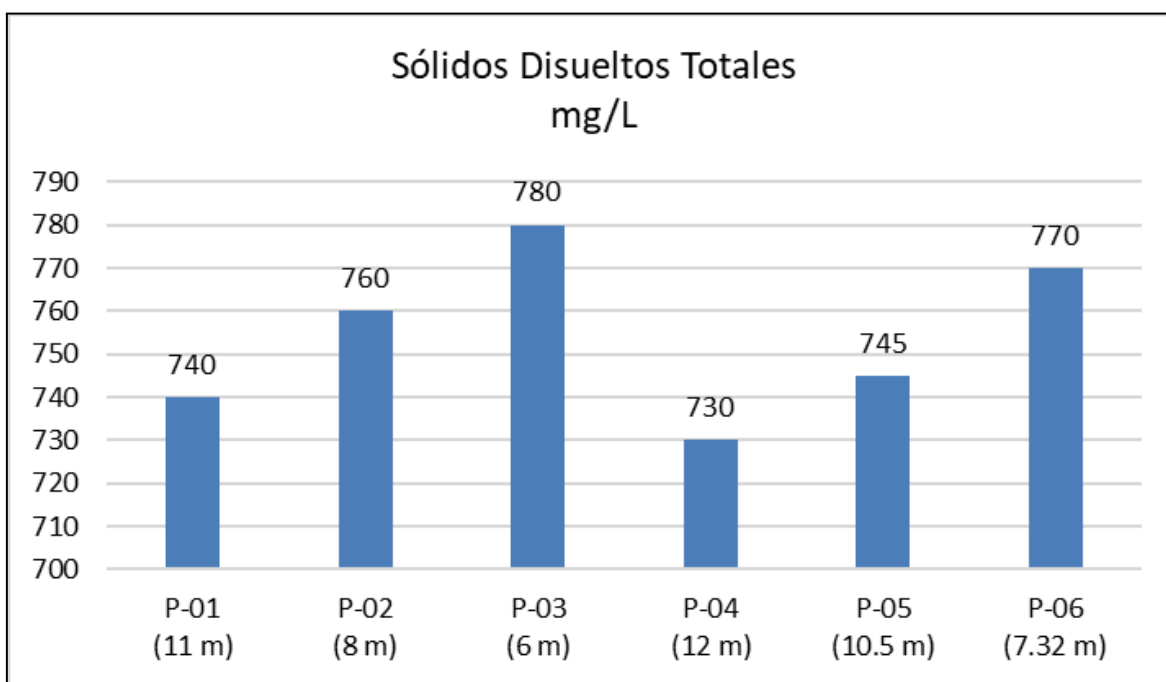


Figura 13: Contenido de Sólidos Disueltos Totales

En la Figura 13, se observa que en el P-03 es de 780 mg/L, con una ligera disminución entre los demás pozos. En el P-04, la concentración fue de 730 mg/L, este pozo está ubicado a una distancia mayor de 12 metros con relación a los demás pozos de muestreo. La presencia de TDS es un indicador de la calidad del agua. Además la concentración elevada de los TDS puede favorecer el crecimiento de los microorganismos y estos a la vez pueden crear un entorno adecuado para la proliferación de la contaminación fecal.

Nuestros resultados concuerdan con los reportados por Valenzuela y Yucra (2022), quienes documentaron concentraciones elevadas de sólidos disueltos totales en aguas subterráneas del Parque Industrial Taparachi, situación que señala una mineralización notable del recurso. En términos similares, nuestras mediciones oscilan entre 730 mg/L (P-04) y 780 mg/L (P-03), lo que señala un espectro elevado de sales disueltas, atribuible probablemente a la composición geológica del área o a filtraciones superficiales. También confirmamos los hallazgos de Montiel y Gómez (2023), que indicaron que altos niveles de sólidos disueltos no solo cambian el sabor del agua, sino que también provocan la

formación de depósitos en las tuberías, lo que complica su mantenimiento y funcionamiento.

4.2. OBJETIVO ESPECIFICO 2: EFECTOS EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO

4.2.1. DIARREA POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO

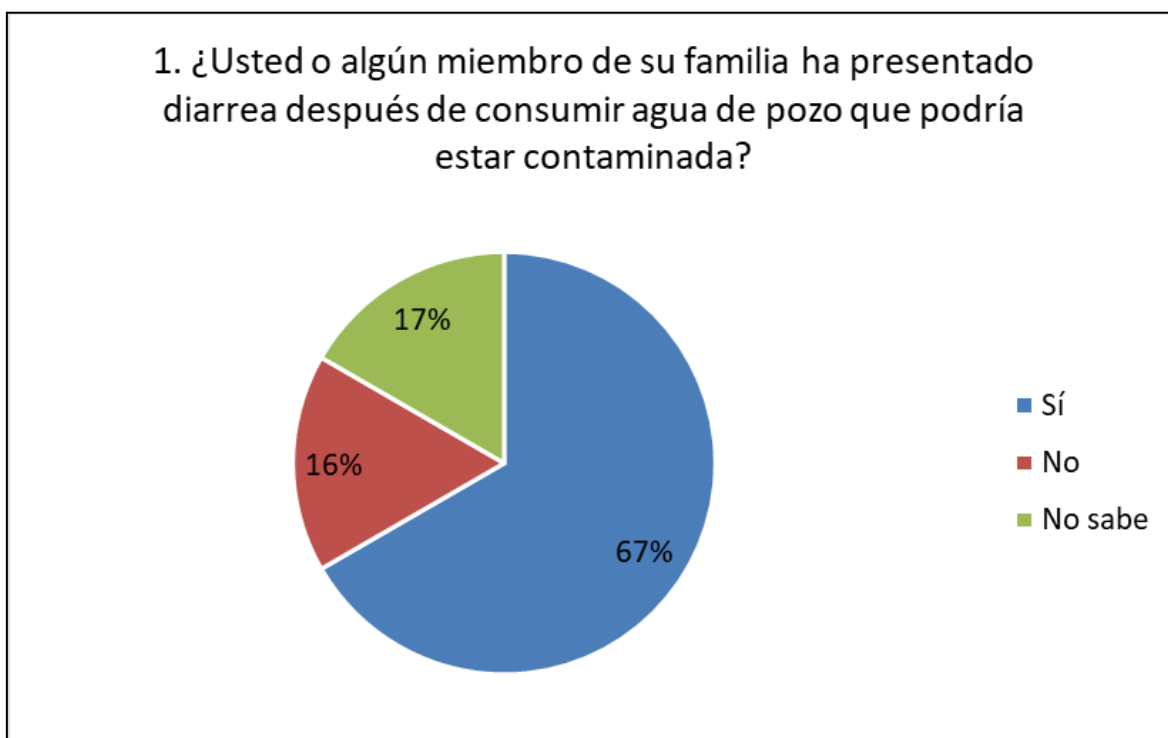


Figura 14: Diarrea por el consumo de agua de pozo

En la Figura 14, se observa una respuesta preocupante sobre la pregunta de si tuvieron diarreas por el consumo de agua de pozo posiblemente contaminada, de los cuales el 67% de las familias encuestadas menciona que ha padecido diarreas por el consumo de esta agua; sin embargo, no lo asocian directamente al agua, porque desconocían si el agua estaba contaminada por materia fecal a causa de las letrinas. Este alto porcentaje indica una relación directa entre el consumo de agua que podría estar contaminada y la aparición de patologías gastrointestinales. Igualmente, el 16% de los participantes aseguró no haber tenido este problema, mientras que el 17% manifestó desconocer si el agua que utiliza está contaminada, lo que demuestra una alarmante escasez de

información y sensibilización acerca de los peligros vinculados. Esto evidencia y corrobora las concentraciones elevadas de coliformes y E. coli, lo que podría ser el resultado de la proximidad de las letrinas a los pozos que se utilizan para el consumo humano.

Nuestros resultados indican que el 67% de los encuestados reportaron haber tenido diarrea o que algunos miembros de la familia la padecieron después de usar lo que se presume era agua de pozo contaminada. Este hallazgo es corroborado por Tekoum et al. (2024), quienes documentaron una severa contaminación por coliformes y E. coli en pozos ubicados cerca de letrinas, superando los límites aceptables establecidos por la OMS y confirmando el riesgo para la salud que representa el agua subterránea mal gestionada. También se alinea con Márquez et al. (2023), quienes informaron sobre el deterioro de la calidad del agua en reservorios tropicales, comprometiendo su idoneidad para el consumo humano. En todos estos estudios, incluido el nuestro, hay evidencia de que el consumo de agua no tratada representa un grave riesgo para la salud pública, especialmente por enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea. Esta similitud refuerza la urgencia de adoptar protocolos de control, tratamiento y educación bien definidos sobre el uso seguro del agua en comunidades dependientes de pozos.

4.2.2. VÓMITOS O NÁUSEAS CAUSADOS POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO

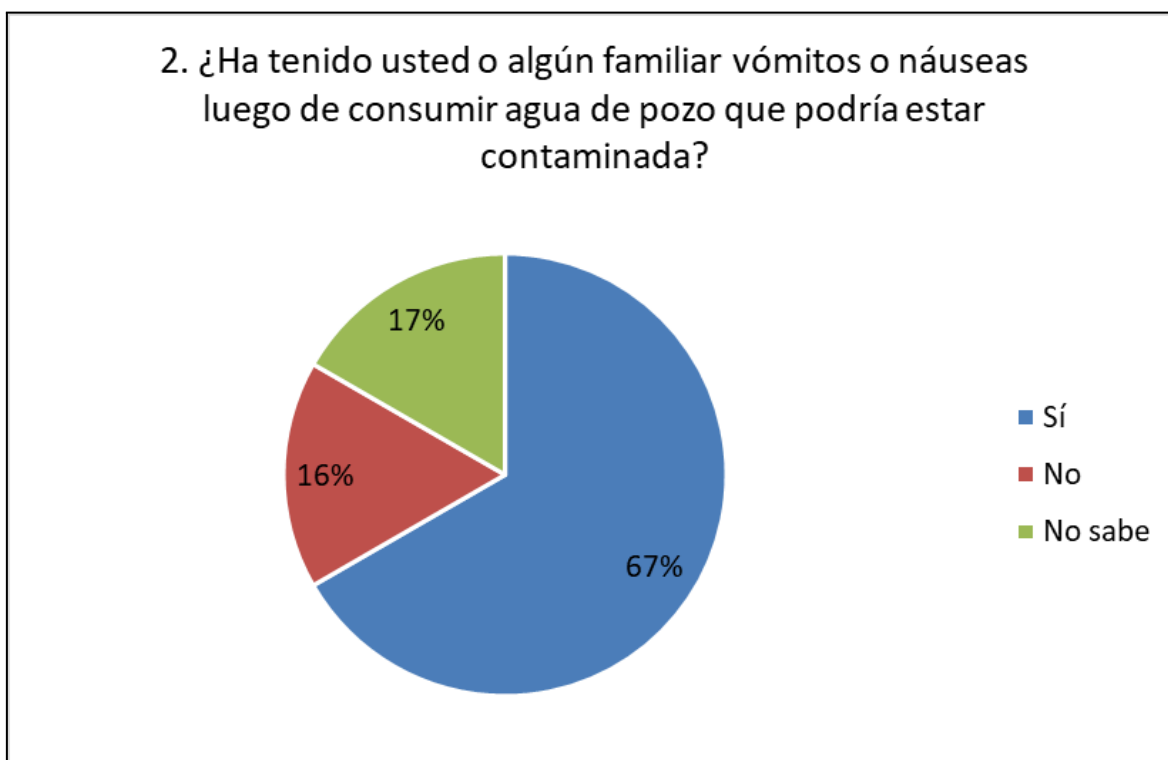


Figura 15: Vómitos o náuseas por el consumo de agua de pozo

En la Figura 15, se observa que el 67% de los encuestados ha experimentado vómitos o náuseas, o ha tenido familiares que las padecieron, después de consumir agua de pozo, lo que sugiere una fuerte relación entre el consumo de agua posiblemente contaminada y la aparición de síntomas gastrointestinales. El 16% de los encuestados indicó que no ha tenido este tipo de problemas de salud, mientras que el 17% no sabe si el agua que consumen está contaminada, lo que refleja una falta de información o conciencia sobre los riesgos de consumir agua no tratada. Este alto porcentaje de casos de vómitos y náuseas apoya los hallazgos previos sobre la contaminación del agua de pozo. Especialmente debido a la posible filtración de patógenos fecales derivados de las letrinas cercanas a las fuentes de agua. Esto representa un riesgo significativo para la salud de la población.

Estos resultados concuerdan con los de Tekoum et al. (2024), quienes informaron sobre riesgos para la salud debido a la presencia de contaminantes biológicos como E. coli y

coliformes fecales en pozos ubicados cerca de letrinas, causando problemas digestivos como náuseas, vómitos y diarrea. Además, se alinea con Márquez et al. (2023), quienes enfatizaron la preocupante variabilidad de la calidad del agua en cuerpos de agua naturales y sus potenciales riesgos para la salud. Estos síntomas indican exposición crónica a microorganismos patógenos, lo cual se asocia con fuentes de agua no adecuadamente protegidas o no tratadas. Los resultados de este estudio apoyan la evidencia científica sobre los peligros que representa beber agua sin tratar y subrayan la importancia de mejorar la vigilancia de la salud, la educación en las comunidades y ofrecer sistemas de purificación adecuados en zonas que dependen de pozos.

4.2.3. INFECCIONES INTESTINALES O PARASITARIAS ASOCIADAS AL CONSUMO DE AGUA DE POZO

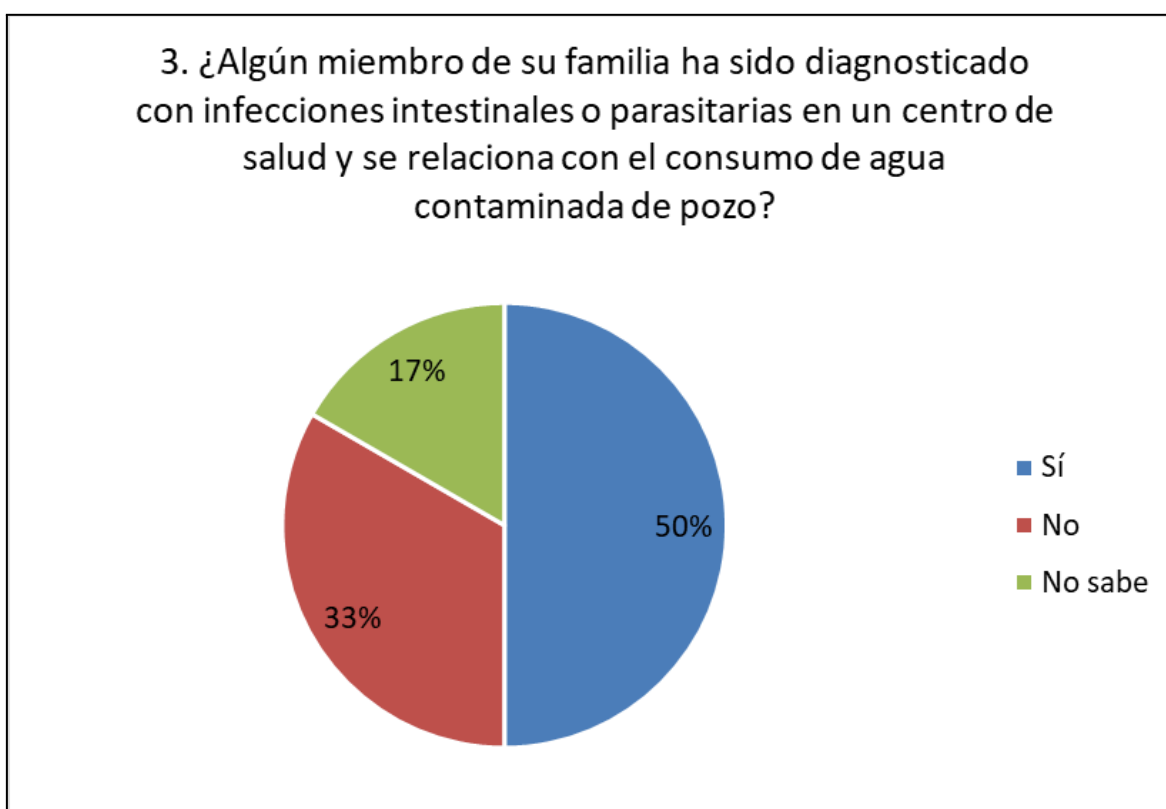


Figura 16: Infecciones intestinales por el consumo de agua de pozo

En la Figura 16, se muestra que el 50% de los encuestados ha tenido algún miembro de su familia diagnosticado con infecciones intestinales o parasitarias en un centro de salud,

y que estas se relacionan con el consumo de agua de pozo contaminada. Y el 33% de las familias no ha tenido vómitos o náuseas por consumo de agua de pozo, lo que probablemente sea una coincidencia, que el agua esté contaminada; también podría ser la presencia de diferentes factores que contribuyen a estas afecciones. Además, el 17% de los encuestados no sabe si el diagnóstico está relacionado con el consumo de agua de pozo, lo que sugiere una falta de información sobre las posibles fuentes de estas infecciones. Esta distribución refuerza la hipótesis de que la contaminación del agua de pozo está dada por la proximidad de letrinas mal ubicadas, y está estrechamente relacionada con el aumento de enfermedades intestinales y parasitarias.

Nuestros resultados indican que el 50% de los encuestados reportó que un miembro de la familia fue diagnosticado con infecciones intestinales o parasitarias en un centro de salud. Este hallazgo concuerda con el de Tekoum et al. (2024), quienes demostraron que la proximidad de letrinas a pozos facilita la filtración de contaminantes biológicos en el suministro de agua, lo que conduce a enfermedades intestinales. Esto también es consistente con las observaciones de Márquez et al. (2023), quienes asociaron la variabilidad en la calidad del agua en reservorios tropicales con un mayor riesgo de contraer infecciones parasitarias. La presencia de tales diagnósticos en la población sugiere un problema de salud pública que persiste especialmente en regiones con acceso limitado a agua potable segura, donde se utiliza agua subterránea sin tratar. Por lo tanto, estos hallazgos refuerzan la necesidad urgente de intervenciones de salud, monitoreo de parámetros microbiológicos del agua y educación de la comunidad sobre prácticas de agua segura.

4.2.4. FIEBRE O DESHIDRATACIÓN TRAS EL CONSUMO DE AGUA DE POZO

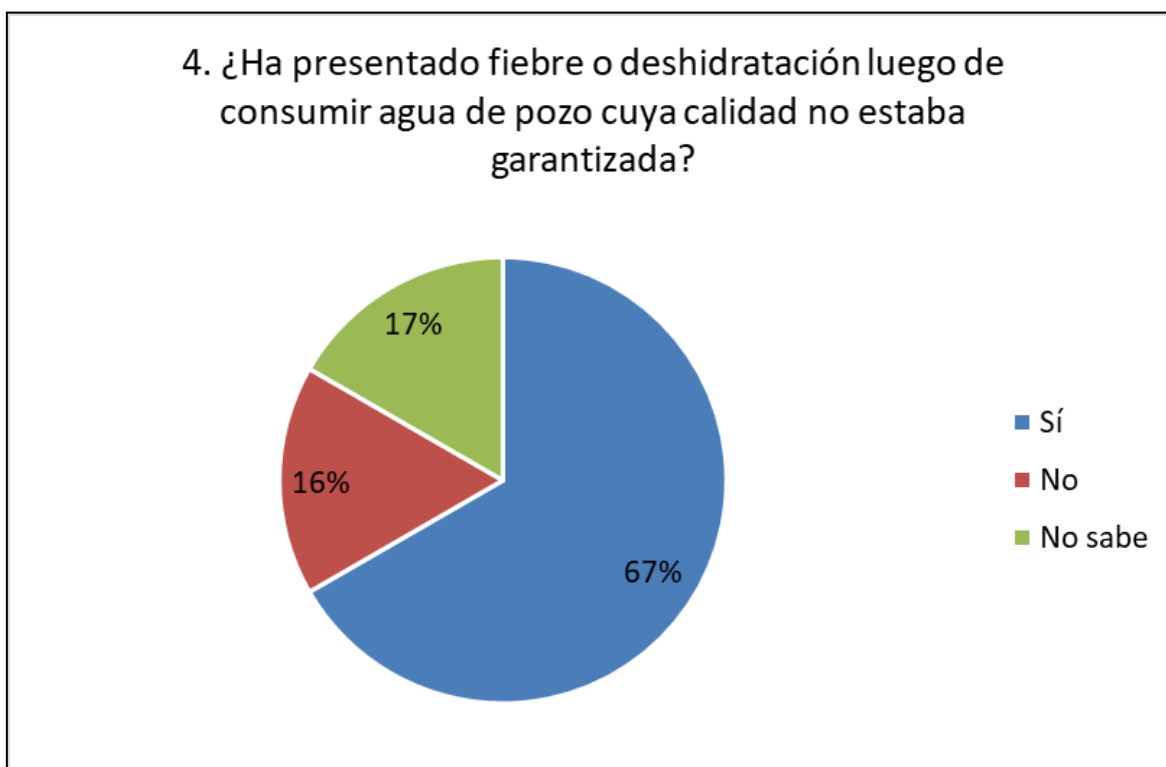


Figura 17: Fiebre o deshidratación por el consumo de agua de pozo

En la Figura 17, se observa que el 67% de las familias encuestadas han experimentado probablemente fiebre o deshidratación después de consumir agua de pozo. El 16% indicó que no ha tenido estos síntomas, mientras que el 17% no sabe si la fiebre o deshidratación que sufrió estaba relacionada con el consumo de agua de pozo, lo que sugiere una falta de conciencia o información sobre los efectos del agua contaminada. Este patrón de síntomas es consistente con los problemas de contaminación del agua de pozo, particularmente en áreas donde las letrinas están ubicadas cerca de las fuentes de agua, permitiendo la filtración de patógenos fecales que afectan la salud de los habitantes.

Nuestros resultados difieren con los reportados de Tekoum et al. (2024) donde los autores estaban más preocupados por la contaminación microbiológica como un factor causante de infecciones gastrointestinales. Sin embargo, no mencionaron específicamente la fiebre

o la deshidratación. Sin embargo, está de acuerdo con los hallazgos de Márquez et al. (2023) quienes reconocieron que los cambios en la calidad del agua pueden precipitar no solo infecciones intestinales sino también la deshidratación y fiebre que a menudo acompañan a las infecciones patógenas. Este hallazgo apoya aún más la asociación del consumo de agua no tratada con la aparición de enfermedades que interrumpen la homeostasis del cuerpo, destacando la urgente necesidad de tomar medidas proactivas y preventivas, incluyendo la provisión de sistemas de purificación adecuados y la comunicación educativa de riesgos al público sobre los peligros del agua no potable.

4.2.5. PROBLEMAS DE SALUD CAUSADOS POR EL CONSUMO DE AGUA DE POZO

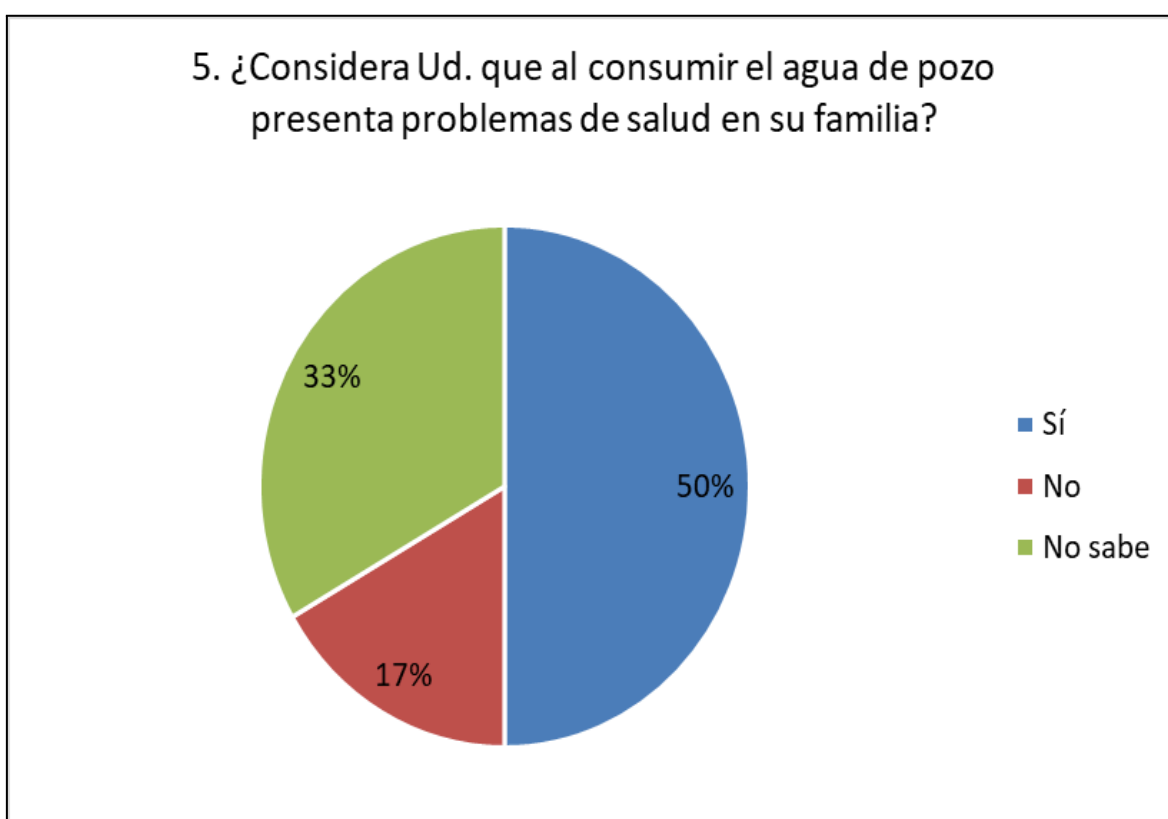


Figura 18: Problemas de salud por el consumo de agua de pozo

En la Figura 18, se observa que el 50% de las familias encuestadas afirma que el consumo de agua de pozo sin ningún tipo de tratamiento podría ocasionar problemas de salud; mientras que el 33% considera que el consumo de agua de pozo no conlleva a problemas de salud, y el 17% restante no sabe si el agua de pozo que consume

representa un problema para la salud. Sin embargo, esto puede deberse a la falta de información o educación sobre los efectos del agua contaminada.

Nuestros resultados concuerdan con los de Tekoum et al. (2024) que enfatizan los riesgos para la salud de utilizar agua contaminada, especialmente en regiones con infraestructura de saneamiento inadecuada. De manera similar, Márquez et al. (2023) refuerzan la noción de que el agua de pozo sin tratar presenta un alto riesgo de infecciones y enfermedades gastrointestinales, lo que pone en peligro la salud de las familias. La percepción considerada de que el 50% de los encuestados refuerza la noción de que hay una creciente conciencia sobre los riesgos para la salud asociados con el consumo de agua de calidad no confiable, regulada y probada, incluso cuando el 17% todavía piensa que no hay riesgos y el 33% no está seguro. Este escenario destaca la necesidad de mejorar los esfuerzos educativos y de políticas públicas destinadas a proporcionar agua potable segura y prevención de enfermedades.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.3.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

H₀: El agua de pozo del barrio Chacarilla Alta no presenta niveles elevados de coliformes y otros indicadores microbiológicos por la cercanía a las letrinas.

H₁: El agua de pozo del barrio Chacarilla Alta presenta niveles elevados de coliformes y otros indicadores microbiológicos por la cercanía a las letrinas.

A partir de los resultados obtenidos (Ver figuras 03-05), se ha comprobado que el agua de pozo del barrio Chacarilla Alta presenta niveles elevados de coliformes y otros indicadores microbiológicos por la cercanía a las letrinas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada y se rechaza la hipótesis nula.

4.3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

H_0 : El consumo de agua de pozo contaminada, no tiene efectos negativos en la salud que acarreen enfermedades gastrointestinales y otras afecciones de salud.

H_1 : El consumo de agua de pozo contaminada, tiene efectos negativos en la salud que acarreen enfermedades gastrointestinales y otras afecciones de salud.

A partir de los resultados obtenidos (Ver figuras 15-19), se ha comprobado que el consumo de agua de pozo contaminada, tiene efectos negativos en la salud que acarreen enfermedades gastrointestinales y otras afecciones de salud. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada y se rechaza la hipótesis nula.

4.3.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

H_0 : Las letrinas no influyen negativamente en la calidad del agua de pozo, elevando los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos y afectando la salud de los pobladores del barrio Chacarilla Alta - Puno.

H_1 : Las letrinas influyen negativamente en la calidad del agua de pozo, elevando los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos y afectando la salud de los pobladores del barrio Chacarilla Alta - Puno.

A partir de los resultados obtenidos, se ha comprobado que las letrinas influyen negativamente en la calidad del agua de pozo, elevando los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos y afectando la salud de los pobladores del barrio Chacarilla Alta - Puno. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada y se rechaza la hipótesis nula.

CONCLUSIONES

PRIMERA. Las letrinas influyen significativamente en la calidad del agua de pozo debido a la distancia entre el pozo y las letrinas. A menor distancia, mayor es la concentración de contaminantes.

SEGUNDA. La investigación confirmó una alta concentración de los parámetros microbiológicos de Coliformes Totales 147.5 NMP/100 mL, Coliformes Fecales 50.83 NMP/100 mL y Escherichia coli de 46 NMP/100 mL, las cuales exceden los límites permitidos del ECA del agua (D.S. N° 004-2017-MINAM). La mayor concentración se registró en los puntos más cercanos a las letrinas, evidenciando su influencia como principal fuente de contaminación de los pozos para consumo humano.

TERCERA. Los efectos por el consumo de agua de pozo, según la encuesta realizada a las familias, reportaron problemas a la salud como diarrea (67%), vómitos o náuseas (67%) e infecciones intestinales (50%). Además, mencionaron fiebre y deshidratación (67%) y problemas a la salud (50%). Esto se debe al consumo de agua de pozo posiblemente contaminada.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y al Programa Nacional de Saneamiento Urbano. Establecer una distancia mínima segura entre las letrinas y los pozos de agua, conforme a estándares técnicos nacionales. En zonas donde no sea posible reubicar las letrinas, se deben implementar sistemas de tratamiento de excretas que minimicen la infiltración de contaminantes al subsuelo.

SEGUNDA. Al gobierno regional y municipal, ejecutar proyectos de saneamiento en zonas urbanas de la ciudad de Puno, y más aún a la empresa EMSA Puno. Realizar monitoreos periódicos de la calidad microbiológica del agua de pozo, especialmente en zonas cercanas a fuentes potenciales de contaminación e Instalar sistemas de tratamiento doméstico como filtros, cloración o hervido del agua antes de su consumo.

TERCERA. A la municipalidad provincial de Puno. Desarrollar campañas educativas sobre los riesgos del consumo de agua contaminada y las prácticas adecuadas de higiene y saneamiento. Capacitar a las familias en el manejo seguro del agua, incluyendo técnicas de desinfección y almacenamiento, e implementar programas de vigilancia epidemiológica en comunidades afectadas para detectar y tratar oportunamente enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada

BIBLIOGRAFÍA

- Aquino, P. (2017). *Calidad del Agua en el Perú, retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*.
- Buelta, A., & Martinez, R. (2015). *GUÍA BÁSICA DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA* Autores. 1-18. <http://palintest.com><http://delagua.org><https://maps.arcgis.com>
- Callo, L. M., & Coyla, H. C. (2020). *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 Peruana Unión]. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2739>
- Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suches*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cava, T. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/850>
- CEPIS/OPS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Capítulo 2*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CEPIS-OPS%202004.%20Tratamiento%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.%20Cap%C3%ADtulo%202.pdf
- Chavarría, E., Huamaní, L., Basurto, C., Gutierrez, J., & Cusiche, M. (2023). Determinación clásica de coliformes fecales en agua entubada en el distrito de Ahuaycha, Perú. *Revista Alfa*, 7(21), 560-566. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.236>
- Chávez, C. (2011). Detección de metales pesados en agua. *Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica*, 0.
- DIGESA, L. D. G. de S. A. (2000). *PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS*.

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

Dueñas, C., & Hinojosa, L. (2021). *La calidad del agua potable y su influencia en la salud humana*. 1(3). <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i3.19>

Elías, J. W., Gutiérrez, B. N., Narváez, W. R., & Chávez, S. C. (2022). Evaluación de la Calidad de Agua de los Pozos Sector Porvenir la Caña, Distrito de Virú y su Ulterior Potabilización. *SENDAS*, 3(1). <https://doi.org/10.47192/rcs.v3i1.80>

Espinoza, P. A. (2017). *Calidad Perú*.

Fernández, A. (2012). *El agua: Un recurso esencial*. <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/index.html>

Flores, L. A. (2016). *Contaminación Bacteriológica por Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia Coli y Salmonella SP en Aguas Termales de alcance Turístico de la región San Martín*.

Gonzales, W., Acharte, L. M., Poma, J. C., Sánchez, V. G., Quispe, F. A., & Meseguer, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 25(1). <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>

Guzmán, B., Nava, G., & Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35(3). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>

Hernandez, C. (2008). *Detección de Salmonella y coliformes fecales en agua de uso agrícola para la producción de melón*.

IANAS. (2019). Calidad del agua en las Américas: riesgos y oportunidades. En *IANAS La Red Interamericana de Academias de Ciencias* (Número February). https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Benjumea_Hoyos/publication/331940

- 115_La_calidad_del_agua_en_Colombia/links/5c93f9e5299bf111693e2ec6/La-calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=285
- Jara, R. (2023). Una revisión bibliográfica sobre métodos de detección de coliformes en fuentes de agua: Avances recientes a nivel internacional. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 4(1). <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v4i1.145>
- Larramendi, E., Millán, G., & Plana, M. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *Editorial Ciencias Médicas (ECIMED)*, 60(259), 1-7. https://rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/854/554
- Márquez, H., Leyva, J. B., Davizón, Y. A., Ontiveros, L. A., & Amillano, J. M. (2023). Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3562>
- Mejia, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Programa de educación para el desarrollo y la conservación.
- MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- MINSA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. *Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud*, 46 p.
- Montiel, J., & Gómez, E. (2023). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua costera en Nicoya, Costa Rica: Comparación de tres playas con diferente impacto turístico y administración. *UNED Research Journal*, 15(2). <https://doi.org/10.22458/urj.v15i2.4763>
- NRDC. (2023). *La contaminación del agua: Todo lo que necesitas saber*.

- <https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber#que-es>
- OMS, O. M. de la. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*.
- Panca, E. (2021). *Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del distrito de Juliaca, San Román-Puno* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe>
- Rios, J., Cervantes, S., & Fregoso, T. (2012). Sistemas biomiméticos de captura y filtración de agua pluvial para casas particulares y unidades habitacionales. *Química Hoy Chemistry Sciences*, 2(A), 14-23. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/3422>
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. 2, 1-353. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fift794d/doc/fift794d.pdf>
- Sánchez, S. A., & Guangasig, V. H. (2023). Calidad microbiológica del agua de consumo humano: La realidad en el Ecuador. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.690>
- S.A.S, F. y N. de C. (2018). Pozos sépticos: Definición, estructura y tipos. *TÉRMINOS Y DEFINICIONES*. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/pozos-septicos-estructura-y-tipos/>
- Severiche, C., & Gonzales, H. (2012). *Evaluación para la determinación de sulfatos en aguas por métodos turbidimétrico modificado*. Cartagena, Colombia.
- Sperling, M. V. (2005). *Introducción de las cualidades de Aguas y el tratamiento de Esgotos Bello Horizonte*. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad Federal de Minas.
- Tekoum, L., Moussa, A. D., Bichara, L., & Hamid, A. (2024). Effects of Latrines on Water Quality in the Phreatic Nappe in N'Djamena City (5th District), Chad. *Journal of*

Water Resource and Protection, 16(12), 793-810.

<https://doi.org/10.4236/jwarp.2024.1612045>

Valenzuela, R., & Yucra, Y. (2022). Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 4 (Vol. 3, Num. 4). <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>

Vargas, Y. K. (2022). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de San José de Sisa, provincia de El Dorado, región San Martín, 2022*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2739>

Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Zegarra, A. (2017). Evaluación de agua no tratada de pozos, en la zona sur de la ciudad de Juliaca, 2017. *Investigación Andina*, 17(1). <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.35306/rev.%20cien.%20univ..v17i1.325>


ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

INFLUENCIA DE LAS LETRINAS EN LA CALIDAD DE AGUA DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO - 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
¿De qué manera las letrinas influyen en la calidad del agua de pozo para consumo humano en el barrio Chacarilla Alta, Puno?	Determinar la influencia de las letrinas en la calidad del agua de pozo destinada al consumo humano en el barrio Chacarilla Alta - Puno.	Las letrinas influyen negativamente en la calidad del agua de pozo, elevando los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos y afectando la salud de los pobladores del barrio Chacarilla Alta - Puno.	VI Letrinas	- Coliformes totales - Coliformes fecales - Escherichia coli - pH - C.E - Temperatura - Cloruros - Sulfuros	- Plan de muestreo - Cadena de custodia - Ficha de muestreo - Ficha de recolección de datos - Ficha de datos generales (fecha, hora, lugar, nombre de la persona que ejecuta el muestreo). - Ficha de datos climáticos (temperatura, presión atmosférica, precipitación antes y durante el muestreo).	Enfoque de investigación: Cuantitativo Nivel de investigación: Descriptivo Diseño de investigación: No experimental ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: Software SPSS V23,
¿Cuál es el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos en el agua de pozo para consumo humano del barrio Chacarilla Alta - Puno?	Determinar el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos presentes en el agua de pozo del barrio Chacarilla Alta - Puno	El agua de pozo del barrio Chacarilla Alta presenta niveles elevados de coliformes y otros indicadores microbiológicos por la cercanía a las letrinas.	VD Calidad del agua			
¿Cuáles son los efectos en la salud de la población por el consumo de agua de pozo contaminada?	Identificar los efectos en la salud de la población por el consumo de agua de pozo contaminada.	El consumo de agua de pozo contaminada por la población tiene efectos negativos en la salud que acarrear enfermedades gastrointestinales y otras afecciones de salud.				

Anexo 02: Compromiso ético

	<p>MANUAL DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN E INFORME FINAL</p>	<p>COD. DE DOC. MAN COD. OF.: ET</p>	<p>VERSIÓN: 3.1</p>	<p>PÁGINA: 66</p>
---	---	--	---------------------	-------------------

ANEXO N° 03

COMPROMISO ÉTICO PARA TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación titulado **INFLUENCIA DE LAS LETRINAS EN LA CALIDAD DE AGUA DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO – 2025**. Hasido elaborado y desarrollado por **MARIA EUGENIA MAMANI PAXI**, planificado por el Centro de Investigación Científica, para que sea realizado en estricto apego a la metodología de la investigación y a las normas éticas para investigación.

En vista de lo anterior, yo bachiller de la carrera profesional de **INGENIERIA AMBIENTAL** y con código número **160974**, me comprometo a realizar las siguientes acciones:

- He desarrollado esta investigación siguiendo las instrucciones brindadas por el CI, desde la elaboración del marco referencial y recolección de la información, hasta el análisis de datos y elaboración del informe final. En tal sentido la información contenida en el presente documento es producto de mi trabajo personal, apegándose a la legislación sobre propiedad intelectual, sin haber incurrido en falsificación de la información o cualquier tipo de fraude, por lo cual me someto a las normas disciplinarias establecidas por el CI- UPSC.
- Al respecto en circunstancias especiales y formas de vidas particulares con consideración a la perspectiva.
- A realizar el proceso de investigación con Integridad científica.
- A obtener la información consentida de los participantes en la investigación.
- A garantizar el bienestar de animales, en cualquier tipo de investigación (No marque, si su proyecto no lo amerita).


FIRMA DEL AUTOR



Huella dactilar

<p>REVISADO POR: CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERÍAS V°B°</p>	<p>APROBADO POR: CONSEJO UNIVERSITARIO Resolución de Consejo Universitario N° 067-2024-UPSC/CU/PUNO V°B°</p>	<p>FECHA DE APROBACIÓN: PUNO, 31 DE DICIEMBRE 2024</p>
<p>Prohibida su reproducción sin autorización.</p>		

Anexo 03: ECA del agua
Categoría 1: Poblacional y Recreacional
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	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
FISICOS- QUÍMICOS				
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 Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
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
Nitrosos (NO ₂ -) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ -) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniacal-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	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
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	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copepodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) 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-).

Anexo 04: Resultados del laboratorio de análisis de suelos



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN DE
TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741

INFORME DE ENSAYO 0012/MQA ANÁLISIS DE AGUA

PROCEDENCIA : BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO
SOLICITANTE : MARIA EUGENIA MAMANI PAXI DNI: 70968984
MOTIVO : ANALISIS DE AGUA DE POZO PARA CONSUMO HUMANO.
MUESTREO : 23/07/2025 (por el interesado)
ANÁLISIS : 24/07/2025.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	UNIDAD	MUESTRAS					
		P-01 {11 m}	P-02 {8 m}	P-03 {6 m}	P-04 {12 m}	P-05 {10.5 m}	P-06 {7.32 m}
Coliformes Totales	NMP/100mL	120	160	190	100	130	185
Coliformes Fecales	NMP/100mL	35	55	75	30	40	70
Escherichia coli	NMP/100mL	30	50	68	25	38	65
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS							
pH		7.45	7.7	7.85	7.4	7.5	7.8
Temperatura	°C	14	14.7	15.2	13.9	14.2	15
Conductividad Eléctrica	ms/cm	1.35	1.45	1.6	1.3	1.38	1.55
Oxígeno Disuelto	mg/L	6	5.85	5.7	6.05	5.95	5.75
Dureza Total	mg/L	360	375	390	350	365	385
Cloruros	mg/L	275	290	305	270	280	300
Sulfatos	mg/L	260	270	285	255	265	280
Nitratos	mg/L	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	740	760	780	730	745	770

MEGALABORATORIOS QUÍMICOS
DE LOS ANDES S.A.C


La muestra fue recepcionada en el laboratorio.



Benito Fernández Calquimpiza
RUC: 20612800741
GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno
Cel. 973296546 - 983003185

Anexo 05: Validación de instrumento

	Manual de Presentación de Proyecto de Investigación a Informe Final	COD. DE DOC. MAN COD. OP. UI	VERSIÓN 3.1	PÁGINA: 1
---	---	------------------------------	-------------	-----------

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres del experto: MG. Julio Wilfredo Cazo Ojeda
- 1.2 Grado académico: Magister en Educación con mención en Docencia y Gestión Educativa.
- 1.3 Título de la Investigación: INFLUENCIA DE LAS LETRINAS EN LA CALIDAD DE AGUA DE POZO PARA CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CHACARILLA ALTA - PUNO - 2025
- 1.4 Denominación del instrumento: Cuestionario

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS/ CUANTITATIVOS	Deficiente	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
		0	1	2	3	4
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables medibles.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de la ciencia y tecnología.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.				X	
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.				X	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.				X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.				X	
10. CONVENIENCIA	Genera nuevas posturas en la investigación y construcción de teorías.				X	
SUB-TOTAL					30	
TOTAL		30				

VALORACIÓN

Deficiente ()	Regular ()	Buena ()	Muy Buena (X)	Excelente ()
0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 32	33 - 40

Puno, julio de 2025.


Mag. Julio Wilfredo CAZO OJEDA
Docente
DNI: 01221426

REVISADO POR: V/B	APROBADO POR: V/B	FECHA DE APROBACIÓN:
Prohibida su reproducción sin autorización del Director de la Unidad de Calidad y Acreditación		

Anexo 07: Modelo de instrumento

Cuestionario: Efectos en la salud por consumo de agua de pozo contaminada

- 1. ¿Usted o algún miembro de su familia ha presentado diarrea después de consumir agua de pozo que podría estar contaminada?**
 - a) Sí
 - c) No
 - d) No sabe / No responde

- 2. ¿Ha tenido usted o algún familiar vómitos o náuseas luego de consumir agua de pozo que podría estar contaminada?**
 - a) Sí
 - b) No
 - c) No sabe / No recuerda

- 3. ¿Algún miembro de su familia ha sido diagnosticado con infecciones intestinales o parásitos en un centro de salud y está relacionado con el consumo de agua contaminada de pozo?**
 - a) Sí
 - b) No
 - c) No sabe / No le informaron

- 4. ¿Ha presentado fiebre o deshidratación luego de consumir agua de pozo cuya calidad no estaba garantizada?**
 - a) Sí
 - b) No
 - c) No sabe / No recuerda

- 5. ¿Considera Ud. que al consumir el agua de pozo presenta problemas de salud en su familia? Describa brevemente los síntomas o enfermedades observadas.**
 - a) Sí
 - b) No
 - c) No sabe / No recuerda

Anexo 08: Toma de muestras



Anexo 09: Rotulado de muestras



Anexo 10: Traslado de muestras



Anexo 11: Vista del pozo



Anexo 12: Letrina



Anexo 13: Letrina acondicionada



Anexo 14: Letrina 3

