UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO

CONTAMINANTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS ARTESIANOS Y PRÁCTICAS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA QUE CONSUMEN LAS FAMILIAS DE DIEZ ASENTAMIENTOS HUMANOS DE YARINACOCHA, PUCALLPA - 2022

Tesis para optar el grado académico de

MAESTRO EN SALUD PÚBLICA

MAIJA YSABEL DÍAZ ARÉVALO

Pucallpa, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ANEXO Nº 4

ACTA DE DEFENSA DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACION PARA OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS

En la Sala de grados de la Universidad Nacional de Ucayali siendo las 9.00 horas, del día 30 de Noviembre, ante el **Jurado** de Tesis o trabajo de investigación constituido por :

Dr. Victor Misael Hernandez Mendoza ..... Presidente

Dra. Gaby Luz Panduro Salas ..... Secretario

Dra. Rolinda Falcon Riva Aguero ..... Vocal

El aspirante al **GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS** en: Salud Pública

Mención: Salud Pública

Don(ña) Maija Ysabel Diaz Arévalo,

Procedió al acto de Defensa:

a. Con la exposición de la tesis o trabajo de investigación, titulada:
"Contaminantes del agua subterranea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que consumen las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa - 2020"

b. Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

a) Presentación personal
b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones
c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente
d) Dicción y dominio de escenario

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis o trabajo de investigación **las observaciones** siguientes:

.....
.....
.....
.....
.....

Obteniendo en consecuencia el Maestrista la **Nota** de Dieciseis (16)

Equivalente a Bueno, por lo que se recomienda APROBAR

(aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las 10.50 horas del 30 de Noviembre del 2023

Dr. Victor Misael Hernandez Mendoza
PRESIDENTE

SECRETARIO
Dra. Gaby Luz Pandura Salas

VOCAL
Dra. Rolinda Falcon Riva Aguero

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0578-2023.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"CONTAMINANTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS ARTESIANOS Y PRÁCTICAS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA QUE CONSUMEN LAS FAMILIAS DE DIEZ ASENTAMIENTOS HUMANOS DE YARINACOCHA, PUCALLPA-2022"

Autor(es)	:	**MAIJA YSABEL DÍAZ ARÉVALO**
Escuela	:	**De Posgrado**
Maestría	:	**Maestro en Salud Pública**
Asesor(a)	:	**Dr. Llaja Rojas César Emigdio**

Presenta un **porcentaje de similitud de 5%,** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,
De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.
En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 27/09/2023

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, MAIJA YSABEL DÍAZ ARÉVALO

Autor de la tesis titulada : "CONTAMINANTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE POZOS ARTESIANOS Y PRACTICAS DE DESINFECCION DEL AGUA QUE CONSUMEN LAS FAMILIAS DE DIEZ ASENTAMIENTOS HUMANOS DE YARINACOCHA, PUCALLPA - 2023"

Sustentada el año: 2023

Asesor(a): Dr. LUJA ROJAS CÉSAR EMIGDIO

Escuela de Posgrado

Maestría: SALUD PÚBLICA

Mención: .....

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 30 / 11 / 2023

Email: maijadiaz2018@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 936549706 DNI: 22420644

DEDICATORIA

A la juventud estudiosa de la universidad Nacional de Ucayali, a la plana docente de la Escuela de Posgrado de la UNU.

A la población mundial, peruana y ucayalina para que aprendamos a cuidar el agua, líquido vital para la salud humana y la salud pública.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, Escuela de Posgrado, por brindarme la oportunidad para incrementar mis conocimientos en el área de salud pública para brindar una mejor calidad de servicio a la sociedad ucayalina.

A todos los docentes de la maestría, por brindarme sus conocimientos y experiencias, que sirvieron para fortalecer mis competencias personales y profesionales que deben regir la vida de todo profesional de la salud.

A los miembros del jurado evaluador de la tesis, por su orientación para culminar con éxito este trabajo de investigación.

A mi asesor, por motivarme constantemente y dirigir para que el desarrollo de esta tesis esté enmarcado dentro del proceso de investigación.

A los propietarios de pozos de agua subterránea, por facilitarme para recoger las muestras de agua para su análisis físico, químico y microbiológico.

A las familias de los diez asentamientos humanos, por brindarme la información sobre las prácticas de desinfección del agua de pozo y otros datos requeridos en la investigación.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022. Estudio analítico, prospectivo, transversal, diseño no experimental, correlacional. La muestra fueron 31 pozos de agua subterránea y 158 jefes de familias que consumen agua de estos pozos. Se utilizó como instrumento de recolección de datos una ficha de cotejo para registrar el nivel de contaminación física, química y microbiológica mediante análisis de laboratorio, y un cuestionario para identificar sobre prácticas de desinfección del agua por las familias beneficiarias. Según los resultados, se logró evidenciar que el 64,5% de aguas subterráneas de pozos artesianos presentan contaminación física, el 35,5% presentan contaminación química y el 87,1% presentan contaminación microbiológica. Respecto a prácticas de desinfección se logró identificar que el 41,9% de familias beneficiarias no desinfectan el agua subterránea de pozos. Según la prueba de hipótesis, con una Sig. bilateral de 0,000 ($\alpha < 0.05$) existe correlación positiva moderada y alta entre el grado de contaminación física y química. Mientras que con una Sig. bilateral de 0,479 ($\alpha > 0.05$) no existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha. Conclusión: El agua subterránea de pozos artesianos en su mayoría presentan alto grado de contaminación física, química y microbiológica, y la mitad de beneficiarios no practican la desinfección, por lo que no son aptas para el consumo humano (D.S. Nº 031-2010-SA).

Palabras clave: Agua subterránea, pozos artesianos, contaminantes del agua subterránea, coliformes totales y fecales, prácticas de desinfección del agua.

ABSTRACT

This research aimed to determine the degree of physical, chemical and microbiological contamination of groundwater from artesian wells and water disinfection practices used by families of ten human settlements in the district of Yarinacocha, Pucallpa-2022. Analytical, prospective and cross-sectional study, non-experimental design. The sample consisted of 31 groundwater wells and 158 heads of families who consume water from these wells. A checklist was used as a data collection instrument to record the degree of physical, chemical and microbiological contamination through laboratory analysis, and a questionnaire to identify water disinfection practices by beneficiary families. According to the results, it was possible to show that 64.5% of groundwater from artesian wells have physical contamination, 35.5% have chemical contamination and 87.1% have microbiological contamination. Regarding disinfection practices, it was possible to identify that 41.9% of beneficiary families do not disinfect the groundwater from wells. According to the hypothesis test, with a bilateral Sig. of 0.000 ($\alpha < 0.05$) there is a moderate and high positive correlation between the degree of physical and chemical contamination. While with a bilateral Sig. of 0.479 ($\alpha > 0.05$) there is no correlation between the degree of microbiological contamination of groundwater from artesian wells and water disinfection practices by families of ten human settlements in the Yarinacocha district. Conclusion: The groundwater from artesian wells mostly have a high degree of physical, chemical and microbiological contamination, and half of the beneficiaries do not practice disinfection, so they are not suitable for human consumption (D.S. No 031-2010-SA).

Keywords: Groundwater, artesian wells, groundwater contaminants, total and fecal coliforms, water disinfection practices.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos vitales más importantes para el desarrollo de las actividades de la especie humana. Según la Comisión Europea “El 70% de la superficie del planeta está cubierta por agua, pero sólo el 2.53% es agua dulce”, la cual mayormente está en estado sólido de forma glaciar. Esto hace que un alto porcentaje de explotación se enfoque en la extracción de aguas subterráneas, a través de pozos artesianos que abastecen de agua de una forma práctica a los usuarios (1).

Del Razo LM, et al (2), señalan que el agua utilizada para beber proviene en un 58% del subsuelo, Esta agua subterránea es producto de la infiltración del agua de lluvias a través del suelo y que debido a la permeabilidad de las rocas y a fallas o fracturas permite que transite a profundidad. Asimismo, el agua en su tránsito hacia el subsuelo disuelve minerales hasta llegar a un sitio en donde se acumula en una capa o varias capas de roca permeables llamadas acuífero, que en muchas ciudades estos acuíferos son buscados y una vez ubicados se extrae el agua mediante la perforación de pozos. Sin embargo, no se sabe qué minerales y/o elementos químicos fueron capaces de ser lixiviados o disueltos por el agua y si estos elementos son o no dañinos para nuestra salud.

Las aguas subterráneas según refieren Salcedo E, et al (3), son un recurso muy extendido, pero oculto e inaccesible, y en contraste con el agua superficial, los cambios en su cantidad y calidad frecuentemente son muy lentos, así como difíciles de revertir. Por lo tanto, evaluar y vigilar su calidad se convierte en una actividad imprescindible, ya que basado en esta información se pueden definir estrategias para la protección de los acuíferos.

En la actualidad, se observa que el desarrollo de las actividades humanas, la producción y consumo de los distintos bienes y servicios están causando

efectos negativos sobre el ciclo hidrológico, afectando la calidad del agua subterránea como resultado de la contaminación generada en los ecosistemas y la biodiversidad (4).

Salcedo E, et al (3), al evaluar la calidad del agua subterránea en sus resultados demuestran que a lo largo del tiempo existe un cambio en la calidad del agua de los pozos evaluados, manifestándose en algunos un cambio en la calidad, debido al aumento de concentraciones de sólidos disueltos totales, sulfatos, calcio y magnesio. El Consejo Nacional del Agua (CONAGUA, 2020) (5), refiere que de 1,253 pozos medidos durante el periodo de 2012 a 2018, el 20.9% cumplió con calidad potable excelente; 20.5% resultó con calidad media; 40.9% resultó con calidad baja; y el 17.7% con la peor calidad.

Durante la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible se aprobó la Agenda 2030, donde en el objetivo No. 6 se garantiza la disponibilidad de agua purificada sin impurezas y de fácil acceso para todos, por lo que urge la necesidad de evaluar la calidad del agua subterránea, teniendo en cuenta cambios importantes en las características de los ecosistemas y medio ambiente, así como los agentes contaminantes provocados por las actividades humanas (6).

Según el Reglamento de Dirección General de Salud - DIGESA, 2011 (7). el agua disponible para el consumo de los seres humanos en los parámetros microbiológicos y parasitológicos deben estar exentos de todo tipo de bacterias. Estableciendo que para los parámetros organolépticos como el olor y sabor deben ubicarse conforme a los siguientes límites de aceptación: el color a 15 UCV (unidad de color verdadero) escala Pt/Co; la turbiedad máxima de 5 UNT (Unidad nefelométrica de turbiedad); los cloruros a 250 mg Cl^{-} L^{-1}; la dureza total a 500 mg CaCO3 L^{-1}

El consumo de agua es un derecho al que toda persona debe de tener acceso para satisfacer su necesidades personales y domésticas de acuerdo con la Constitución Política. Desafortunadamente, el agua que llega a muchas viviendas no ha sido estudiada para identificar otros componentes orgánicos e inorgánicos que pueden afectar la salud a mediano y largo plazo, y determinar a través de un análisis para tener una respuesta clara y absoluta si la calidad del agua que se consume diariamente es adecuada (2).

El crecimiento de la población en los asentamientos humanos está incrementando los niveles de contaminación ambiental. Esta contaminación producto de la falta de servicios de saneamiento, residuos de origen doméstico y fosas sépticas representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal, son de impacto negativo para la calidad física, química y microbiológica de los cuerpos subterráneos de agua que abastecen a los pozos con agua de consumo, que al ser utilizados sin un tratamiento previo pueden ser causantes de enfermedades de origen hídrico, que generan altos porcentajes de morbi-mortalidad en la población, por lo que requiere una serie de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos (8). El riesgo más grave para la salud humana relacionado con la calidad del agua de beber es el que se deriva de la contaminación microbiológica, particularmente la fecal.

Otro aspecto a considerar según Garrido DL (1), es la falta de criterio de las familias para la ubicación y diseño de los pozos, así como la escasa o nula educación sanitaria para su adecuado mantenimiento, que ponen en riesgo a la población que en su mayoría es periurbana o rural para contraer enfermedades de transmisión hídrica. Por lo tanto, es necesario conocer sus características

físico-químico-biológicas para poder definir el tipo de uso y tratamientos que se le pudiera dar.

La rápida urbanización y crecimiento poblacional del distrito de Yarinacocha ha contribuido para que se incremente la demanda del consumo de agua potable, por lo que los pobladores han recurrido al uso de las aguas subterráneas mediante la construcción de pozos artesianos de los cuales se desconocen si estas aguas están aptas para el consumo humano. Asimismo, esta rápida urbanización en la zona, afecta la calidad de las aguas subterráneas, debido a las fuentes de contaminación originadas en la superficie del terreno, por ejemplo, basureros a cielo abierto; carencia de sistemas de drenaje para eliminar las aguas residuales domésticas, letrinas de pozo ciego, entre otros, que producto de las infiltraciones del terreno podrían estar contaminando los cuerpos de agua subterránea ocasionando efectos negativos en la salud y equilibrio del sistema acuífero causadas por la contaminación ambiental.

Mediante entrevistas informales a los pobladores de estos asentamientos humanos, respecto al cuidado en el almacenamiento, conservación y utilización de métodos de desinfección del agua que consumen se pudo observar que son muy pocas las familias que desinfectan el agua que consumen ya sea mediante la cloración o el hervido, esto debido a que desconocen los peligros para la salud y las formas de tratamiento del agua.

Al no existir en el Perú normativas que determinen estándares para controlar la calidad de las aguas subterráneas, entonces hay limitaciones para realizar un adecuado control de calidad de las aguas de pozos artesianos que existen en los asentamientos humanos de la región Ucayali y del país. Esto hace que se desconozcan las características físicas, químicas y microbiológicas que presentan estas fuentes de agua y de esta manera determinar si para su

consumo se requiere de una simple desinfección o es necesario de un tratamiento convencional antes de ser consumidas.

Estas son las razones que sustentan la importancia de realizar el monitoreo de las aguas de pozos artesianos que existen en los asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha para identificar si son aptas para el consumo humano. Por lo que en esta investigación se plantea como objetivo determinar el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y los métodos de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022, y conforme a los resultados obtenidos proponer estrategias para garantizar un consumo de agua saludable y sostenible.

En la estructura del informe de tesis, se considera las siguientes partes: En el Capítulo I: Problema de investigación, se describe el problema en su contexto actual, se formulan los objetivos, se plantean las hipótesis, se definen las variables sus dimensiones e indicadores; también se plantea la justificación, la importancia y las limitaciones del estudio. En el Capítulo II: Marco teórico, se describen los antecedentes de la investigación en el contexto internacional, nacional y local; también se describe las bases teóricas y epistémicas. En el Capítulo III: Marco metodológico, se describe el tipo, nivel y diseño de investigación, se define la población y muestra, se describe los instrumentos de recolección de datos, las técnicas de validez y confiabilidad, las técnicas de recojo, procesamiento, análisis estadísticos y presentación de datos. En el Capítulo IV: Resultados, se describen los resultados del trabajo de campo, así como la prueba de hipótesis. En el Capítulo V: Se hace referencia a la discusión de resultados. Finalizando con las conclusiones, sugerencias, las referencias bibliográficas consultadas y los anexos.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

INTRODUCCIÓN x

ÍNDICE GENERAL xv

ÍNDICE DE TABLAS xviii

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 1

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 8

1.2.1. Problema general 8

1.2.2. Problemas específicos 9

1.3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9

1.3.1. Objetivo general 9

1.3.2. Objetivos específicos 10

1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS 10

1.4.1. Hipótesis general 10

1.4.2. Hipótesis específicas 11

1.5. VARIABLES 11

1.5.1. Variable 1 11

1.5.2. Variable 2 12

1.5.3. Operacionalización de variables 12

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 14

1.7. VIABILIDAD 16

1.8. LIMITACIONES……...16

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO…….17

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN …….17

2.1.1. Antecedentes internacionales……...17

2.1.2. Antecedentes nacionales……..24

2.1.3. Antecedentes locales…….....30

2.2. BASES TEÓRICAS…….....33

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES ……64

2.4. BASES EPISTÉMICOS ……69

CAPÍTULO III. MARCO METODOLOGICO ……73

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN..…… 73

3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE INVESTIGACIÓN ……..73

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA……74

3.3.1. Población……..…74

3.3.2. Muestra……75

3.4. DEFINICIÓN OPERATIVA DEL INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS……...77

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos……77

3.4.2. Validez y confiabilidad del instrumento……...78

3.4.3. Procedimiento de recolección de datos……..79

3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS……83

3.5.1. Técnicas……...83

3.5.2. Método……..84

3.5.3. Procesamiento y presentación de datos……84

3.6. ASPECTOS BIOÉTICOS……..85

CAPÍTULO IV. RESULTADOS ……....86

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS……..……107

CONCLUSIONES……..116

SUGERENCIAS…….....118

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……...119

ANEXOS……..132

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Operacionalización de variables……. 13

Tabla 2. Límites máximos permisibles (LMP) de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano…… 56

Tabla 3. Límites máximos permisibles de calidad física y química de agua para consumo de agua…….. 57

Tabla 4. Ubicación de los pozos de agua subterránea próximos a fuentes contaminantes del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022……. 75

Tabla 5. Grado de contaminación según parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua subterránea de pozos artesianos de las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022…….. 86

Tabla 6. Contaminación según parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua y prácticas de desinfección utilizados por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022. …….. 87

Tabla 7. Parámetros físicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa- 2022. 88

Tabla 8. Contaminación según parámetros físicos y práctica de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022…… 89

Tabla 9. Parámetros químicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos de las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022……. 90

Tabla 10. Contaminación según parámetros químicos y práctica de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022…… 91

Tabla 11. Parámetros microbiológicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos de las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022……. 92

Tabla 12. Contaminación según parámetros microbiológicos y práctica de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022……... 93

Tabla 13. Fuentes de contaminación superficial cercanos a pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022……. 94

Tabla 14. Enfermedades relacionadas con el consumo el agua de pozos artesianos durante los últimos 15 días en las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022…… 95

Tabla 15. Métodos de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos utilizado por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa - 2022…….…… 96

Tabla 16. Correlaciones – Hipótesis general……... 98

Tabla 17. Correlaciones – Hipótesis específica 1…….. 101

Tabla 18. Correlaciones – Hipótesis específica 2…….. 103

Tabla 19. Correlaciones – Hipótesis específica 3…….. 105

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En muchas partes del mundo, así como en el territorio peruano las personas que viven en los asentamientos humanos y las comunidades rurales se abastecen de agua subterránea a través de pozos, debido a que no poseen una red de distribución de agua potable. Del mismo modo, el pozo séptico o letrina es el sistema más común que se utiliza para la disposición de las excretas humanas, por no contar con redes de desagüe y sistema de alcantarillado adecuados para este tipo de residuos lo que ocasiona producción de agentes patógenos que contaminan las aguas subterráneas que alimentan los pozos de agua de donde se abastecen estas comunidades (9).

Con este estudio se pretendió realizar un análisis físico, químico y bacteriológico de las aguas subterráneas de pozos artesianos que abastecen a la población de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región de Ucayali, por considerar que muchos de ellos se encuentran construidos cerca a fuentes contaminantes, no cuentan con condiciones adecuadas en cuanto a su construcción, protección, conservación y desinfección. Además, hay que mencionar que las familias que consumen dicha agua, no utilizan ningún método para su desinfección antes de consumirla, poniendo en grave riesgo la salud de sus integrantes evidenciado por una alta prevalencia de enfermedades digestivas como diarreas agudas, parasitosis, entre otras.

Para Jiménez Y, et al (10), la importancia del agua subterránea es incuestionable, ya que abarca casi 95% de los recursos útiles del agua dulce proporcionando en la mayoría de los países, más de la mitad del agua de abastecimiento humano. Es la más adecuada como agua de bebida ya que, en general, tiene una amplia distribución, es segura, barata y usualmente requiere poco tratamiento previo. Sin embargo, en la actualidad, la contaminación de las fuentes de agua subterránea es un problema grave y difícil de resolver, puesto que una vez contaminados los recursos hídricos del subsuelo es casi imposible revertir los daños (11), pues, los acuíferos se contaminan desde la superficie debido a que el agua que se infiltra lleva los contaminantes que hay sobre el suelo hasta la capa de agua subterránea.

De acuerdo con Aurazo M (12), esta situación se presenta debido a factores como el crecimiento poblacional de los centros urbanos, donde día a día se generan una gran cantidad de residuos contaminantes que pueden provocar daño a los mantos acuíferos subterráneos, destacando dentro de ellos el vertido indiscriminado de aguas servidas domésticas, así como de letrinas y pozos sépticos, fugas de sistemas de alcantarillado, la contaminación producto de la utilización cada vez más intensa de productos químicos de uso domésticos, tales como los detergentes en sus diferentes presentaciones, entre otros. Por lo tanto, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población.

En esta investigación se entiende por contaminación del agua, en general, a la alteración de la calidad natural de la misma debido a la acción humana. En términos generales las aguas subterráneas suelen tener una

calidad bacteriológica muy superior a las aguas superficiales, una composición química mucho más estable y una estabilidad estacional de temperatura. Se encuentran mejor protegidas frente a la contaminación que las aguas superficiales, debido a la eficaz barrera constituida por la capa de suelo que recubre la parte superior del estrato rocoso impermeable que circunda el acuífero. Sin embargo, tal protección no existe cuando el hombre en el ámbito doméstico, inyecta directamente los contaminantes en el subsuelo, mediante los sistemas individuales de eliminación de desechos, ya sea pozos o fosas sépticas (13). Asimismo, cuando existen depósitos de residuos sólidos en alguna zona, el agua de lluvia puede lixiviar ciertos componentes y después infiltrarse con ellos en solución hacia el manto acuífero (14).

Esto ha llegado a provocar en la actualidad que científicos de todo el mundo ya no se centren en la investigación de cómo encontrar agua, sino más bien de estudiar la calidad del agua subterránea, cómo ha sido afectada por las actividades humanas en los centros urbanos, ya que gran parte de la contaminación de las aguas subterráneas es originada por los residuos producidos en los centros urbanos (15).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (16), el agua es un factor que puede convertirse en un vehículo para la adquisición de diversas enfermedades en el ser humano. Al respecto, existen descritas más de 20 enfermedades en las que el agua actúa directa o indirectamente en su aparición, algunas de ellas con alto impacto en términos de morbilidad y mortalidad. El peligro más común y difundido, relativo al agua de consumo humano es su contaminación microbiana con aguas servidas y excretas del hombre y de animales. El uso de agua contaminada para

beber o preparar alimentos o el contacto con ella durante el baño o el lavado de ropa pueden producir la infección (17).

Ángeles JM (18) sostiene que la calidad del agua principalmente la destinada al consumo humano, tiene una fuerte repercusión en la salud pública, por lo que el control de su calidad, es un factor importante en la prevención de muchas enfermedades. Para evaluar la calidad microbiológica de las aguas de consumo, es necesario realizar análisis para determinar la presencia de microorganismos patógenos. Siendo una alternativa fiable, económica y rápida el uso de los indicadores de contaminación con materia fecal, destacando los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos (19). Para tal efecto, existen criterios como leyes, normas y estándares que determinan la calidad necesaria para el uso que se necesita. Estos varían dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), agua para uso agrícola o industrial y para la recreación, etc. (20).

Los límites permisibles de las diversas sustancias contenidas en el agua cruda son normados por la Organización Mundial de la salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar de uno a otro dependiendo de sus intereses. Si el agua reúne estos requisitos o normas, se considera que es de buena calidad para el consumo, si no, se juzga inaceptable y de mala calidad (20). En el Perú, actualmente se usa el Decreto Supremo N° 031-2010-SA (21), el cual menciona que el agua para el consumo humano debe estar exenta de microorganismos patógenos y pone como parámetro a los coliformes totales, termotolerantes. Además, no debe superar a las 500 Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC/ml) de bacterias heterotróficas.

En el contexto internacional estudios relacionados con los contaminantes de las aguas subterráneas de pozos artesianos, encontramos a Larrea J. et al (19), quienes refieren que en países de América Latina y el Caribe, el vertimiento incontrolado de aguas residuales domésticas sin tratamiento a campo abierto, alteran las aguas superficiales, y subterráneas. Almanza OG (22), en Bolivia, encontró que la calidad del agua para consumo humano en el acuífero considerando la NOM-127-SSA1-1994; se encuentra fuera de los límites permisibles para su consumo como son microorganismos coliformes totales y fecales, y contaminantes químicos como manganeso (Mn), nitrato (NO_3), nitrito (NO_2), pH, Sodio (Na), sulfato (SO_4), los cuales rebasan los límites permisibles. Villasis SE y Moposita AD (23), en Ecuador, encontró que el 100% de agua de los hogares analizados se encuentran contaminadas por coliformes fecales, cuya presencia no se encuentra dentro de los límites permitidos por la norma. Monteverde M, et al (24), en Buenos Aires, Argentina, señala que, según su origen, el 80% de agua son provenientes de perforaciones o pozos individuales y resultaron ser no potables por exceso de coliformes, *Escherichia coli* y nitratos. El abastecimiento y consumo de agua de pozos individuales condiciona el padecimiento del 87% de diarreas y 16,0% en dermatitis. Del mismo modo, Hernández JH y Gil M (25), en Guatemala, reporta que de 30 pozos analizados el 87% presentaron valores por arriba del valor mínimo permitido < 3 NMP/100ml (NMP/100 ml: número más probable en 100 mililitros) para coliformes totales; el 77% presentaron valores por arriba del valor permitido de acuerdo a la norma COGUANOR NGO 29001. Es decir que 26 pozos no cumplen la norma para coliformes totales y 23 pozos no cumplen con la norma para coliformes fecales (norma

COGUANOR NGO 29001). Valenzuela M (26), en Chile determinaron la contaminación por materia fecal en agua subterránea, en 42 pozos seleccionados al azar, en todas las muestras analizadas detectó coliformes totales, fecales y Estreptococos fecales, demostrando así la contaminación de las aguas de los pozos por materia fecal humana y animal.

En el contexto peruano encontramos a Arévalo H y Chong A (27), en San Martín, quien encontró que las aguas subterráneas de consumo humano, presentaron un valor máximo de 1300 UFC/ml. en bacterias heterotróficas. En coliformes totales se encontró 1,6 x105 NMP/100ml. y en coliformes termotolerantes 5,4 x104 NMP/100ml. Araujo R (28), en Santa Bárbara, Huancavelica, encontró que el total de las muestras de aguas de pozo de consumo humano presentan microorganismos patógenos, superando los límites máximos permisibles del reglamento de calidad de agua para el consumo humano. Zegarra AT (29), señala que la contaminación biológica del agua de los pozos puede estar condicionada por la inadecuada disposición de las excretas humanas en silos, de donde probablemente se dispersen los contaminantes biológicos en diferentes direcciones en función a la variación del nivel piezométrico, por lo que es necesario saber la dirección de dispersión de los contaminantes biológicos en las aguas subterráneas.

El tratamiento del agua es un proceso de naturaleza físico-química y biológica, mediante el cual se eliminan una serie de sustancias y microorganismos que implican riesgo para la salud. Todo sistema de abastecimiento de agua que no esté provisto de medios de potabilización, no merece el calificativo sanitario de abastecimiento de agua segura.

Entre los estudios relacionados con métodos de desinfección del

agua de pozos subterráneos, encontramos a los realizados por García AC (30), en Ecuador, quien en su investigación encontró que el 75% desconoce los diferentes métodos de purificación del agua. El 70% no practica ningún método de purificación. El 54% desconoce la cantidad adecuada de cloro para desinfectar el agua. El 97% no consume agua tratada. El 78% manifiesta que no conserva el agua para el consumo humano. Del mismo modo, Tapia en Portoviejo, Ecuador, concluye que el 60% de las familias no desinfectan el agua de consumo, mientras que el 40% si desinfectan el agua con cloro, pero no lo hacen de manera técnica, más bien el criterio es que mientras más cloro ponen, creen que mejora la calidad de agua. Morales MM y Villagómez ND (31), en Ecuador, concluyen que el agua que utiliza la comunidad, no cumple los requerimientos sanitarios, un alto porcentaje no realiza ningún procedimiento en el hogar antes de consumir el agua y el mínimo porcentaje que realiza el proceso de ebullición como técnica para purificar el líquido vital no lo realizan en el tiempo estimado como mínimo, sin llegar a la obtención de agua segura, generando una inestabilidad persistente en su salud.

En el Perú, Matamoros A, Toro Y (32), en Huancavelica, encontraron que el 94,1% de las personas desconocen y 5,9% conocen poco sobre desinfección del agua para el consumo, el 50,0% de las personas desconocen y 47,1% conocen poco sobre formas correctas de almacenamiento del agua. Del mismo modo, Quispe y Valencia en Lircay Huancavelica, llegaron a la conclusión que las madres de familia desconocen el consumo de agua segura, el conocimiento es bajo, sobre todo en relación a manipulación de los recipientes de almacenamiento, desinfección del balde o bidón y cloración.

En la mayoría de asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, lugar de ejecución de la investigación el acceso al agua para consumo humano es únicamente a través de pozos artesianos, los mismos que son construidos en las huertas sin ninguna dirección técnica, lo cual provoca que los factores de riesgo de contaminación del agua aumenten. También se observa que un sector considerable de población carece de los servicios de desagüe, lo que origina la disposición de desechos humanos en silos o letrinas, muchas de ellas muy próximos a los pozos de agua subterránea de donde se abastecen para su consumo, lo cual es un riesgo biológico porque causan enfermedades infecciosas. Esto debido a que un gran sector de familias que se abastece de agua de estos pozos subterráneos desconocen los métodos de desinfección y no dan ningún tratamiento al agua que consumen, causando infecciones digestivas como diarreas y parasitosis intestinal, principalmente en los niños menores de 5 años.

Todas las afirmaciones antes descritas son condiciones suficientes que nos permiten formular las siguientes interrogantes que motivan esta investigación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el grado de contaminación física del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022?

- ¿Cuál es el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022?

- ¿Cuál es el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022?

1.3. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el grado de contaminación física del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua utilizados por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

- Determinar el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos artesianos y la práctica de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

- Determinar el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

1.4. HIPÓTESIS Y/O SISTEMA DE HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

- Existe correlación entre el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Existe correlación entre el grado de contaminación física del agua de pozos subterráneos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.
- Existe correlación entre el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos artesianos y práctica de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.
- Existe correlación entre el grado de contaminantes microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y práctica de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable 1

- Grado de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos.

Definición conceptual

- Son cambios que ocurren en la calidad natural del agua subterránea cuando su composición ha sido alterada debido a la acción humana, de modo que no reúna las condiciones

necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales.

1.5.2. Variable 2

- Prácticas de desinfección del agua de pozos artesianos.

Definición conceptual

- Métodos de desinfección del agua, es el conjunto de procesos que sirven para purificar el agua y darle las condiciones necesarias para el consumo humano dependiendo de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

1.5.3. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR FINAL
Contaminantes del agua subterránea de pozos artesianos	Se identificará mediante análisis de laboratorio los agentes microbiológicos, físicos y químicos involucrados en la contaminación del agua de pozos subterráneos para determinar si son aptas o no aptas para el consumo humano.	Contaminantes Microbiológicos	Bacterias coliformes totales	Contaminado
			Bacterias coliformes termotolerantes fecales	No contaminado
			Bacterias heterotróficas	
			Escherichia coli	
			Huevos de helmintos	
		Contaminantes físicos	Sabor	
			Color	
			Olor	
			Sedimentación	
			Conductividad eléctrica	
			Temperatura	
		Contaminantes químicos	Nitratos	
			Cloruros	
			Mercurio	
			Plomo	
			pH	
Métodos de desinfección del agua	Se refiere al tipo de métodos que utilizan las familias para la desinfección del agua de pozo que consumen	Métodos físicos	Hervido	Si desinfecta No desinfecta
			Desinfección solar	
		Métodos químicos	Cloración	Si desinfecta No desinfecta

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Las fuentes de agua para el consumo humano deben ser protegidas de la contaminación por desechos de origen humano y animal, especialmente de materia fecal, la cual contiene bacterias, virus y parásitos intestinales, además de productos químicos que pueden ser nocivos para la salud. Estos y otros factores contaminantes del agua exponen a las comunidades a sufrir brotes de infecciones intestinales y otras enfermedades, por lo que su control debe ser siempre una prioridad.

En las aguas subterráneas de pozo que abastecen a la población de los asentamientos humanos de Yarinacocha no se realiza un monitoreo permanente que involucre su extracción, potabilización, distribución y tratamiento de las aguas subterráneas, por lo que se considera de especial importancia determinar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, debido a la gran susceptibilidad de ser contaminadas por material orgánico exponiendo a las personas a enfermedades gastrointestinales, a fin de proporcionar un agua de mejor calidad que no presente riesgo para la salud.

La relevancia social que conlleva la realización de esta investigación radica en que los beneficiados serán aquellos pobladores que son abastecidos con agua subterránea de pozos artesianos ya que implicará mejorar dos aspectos fundamentales: 1) establecer mecanismos apropiados para posibilitar la preservación de los recursos hídricos y 2) contribuir a disminuir los índices de enfermedades de origen hídrico, y con ello, propiciar la preservación de la salud de las personas.

Desde el punto de vista práctico, esta investigación se justifica porque los resultados obtenidos serán de mucho valor para los

responsables del sector salud que atienden a estos grupos de población, las autoridades locales y población beneficiaria de agua de pozos de fuentes subterráneas, para realizar un control periódico de los parámetros microbiológicos, físicos y químicos del agua así como sensibilizar y educar a los beneficiarios para implementar métodos sostenibles de desinfección y otras medidas de cuidado del agua de estas fuentes.

Metodológicamente, esta investigación se justifica por el abordaje del problema de la calidad de agua subterránea de pozos desde el punto de vista científico, utilizando métodos y técnicas de investigación, así como técnicas educativas pertinentes a la realidad para disminuir los índices de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos y de esta manera disminuir las tasas de morbilidad y mortalidad por enfermedades relacionadas con el agua.

La importancia de esta investigación radica en que los resultados que obtenidos dan a conocer la situación actual del agua subterránea de pozos respecto a los parámetros microbiológicos, físicos y químicos y de esta manera conocer si es apta o no es apta para el consumo humano. Del mismo modo, se identificaron los métodos que utilizan los pobladores para la desinfección del agua y de esta manera sensibilizar a las autoridades y beneficiarios sobre la necesidad del uso, manejo racional y técnico de este recurso hídrico para satisfacer los requerimientos de la población, mejorando sus condiciones de salud y de vida, impulsando de esa forma el desarrollo de la región.

1.7. VIABILIDAD

Esta investigación se considera viable para su realización por cuanto los resultados son de interés público y por estar enmarcadas dentro de las políticas de salud ambiental.

1.8. LIMITACIONES

Las principales limitaciones para el desarrollo de esta investigación son: Escasos estudios en esta línea de investigación a nivel regional que sirvan como antecedentes para la realización de este estudio.

En la región de Ucayali no existen laboratorios con métodos de análisis que permitan determinar contaminantes de aguas subterráneas de mayor significancia causa-efecto. Los altos costos que demandan los análisis de laboratorio, físicos, químicos y bacteriológicos de las fuentes de agua subterráneas de pozos.

Escaza colaboración de los propietarios de pozos subterráneos para realizar la toma de muestras de agua para el análisis físico, químico y bacteriológico por desconocimiento sobre la importancia del tema.

Poca aceptación de la población que consume agua de pozos subterráneos al uso de tecnologías de desinfección propuestas debido a una fuerte influencia cultural y a la desinformación en cuanto a riesgos para la salud provenientes del consumo de agua sin tratamiento previo.

Los resultados que se obtengan en esta investigación serán válidos sólo para la población estudiada, no pudiendo generalizarse a otros contextos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

León L, et al (33), en Cuba investigaron: Evaluación de la calidad del agua del pozo de la comunidad “Soledad” del Municipio II Frente, Santiago de Cuba. El objetivo fue evaluar el uso del agua de pozo en el consumo humano, como fuente de abasto. Se efectuaron cinco muestreos en período de seca del 2020 y posterior análisis de los resultados físico- químico, bacteriológico en conjunto con la interpretación de índices integradores. Los resultados reflejaron la contaminación del pozo debido a que muchos parámetros están fuera de los índices establecidos, elevado contenido medio de hidrogeno carbonato, nitrato, nitrito, coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*. Debido a esto, no son aptas como agua potable, ni para el abasto poblacional, por lo que es necesario realizarse tratamiento según el grado de contaminación.

Rendón MM (34), en Ecuador investigaron sobre: Evaluación comparativa de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad de Balsa en Medio. 2019. Se evaluó la relación entre calidad del agua de consumo humano extraída de pozos en la comunidad de Balsa en Medio y la salud de la población, contrastando la hipótesis de que la misma influye negativamente en la salud y que no cumple con límites permisibles para consumo. Se muestrearon 8 pozos artesianos cuyas aguas fueron sometidas a análisis de laboratorio, con base en las técnicas descritas en los Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas residuales,

midiéndose 14 parámetros indicadores de calidad, cuyos valores medios, en mg/l, fueron 6,58 para el pH, 200 para la dureza, 459 para los sólidos disueltos totales, 2,20 para el nitrato, 4,66 para el Oxígeno disuelto, 10 para la DBO5 a 20°C, 21,50 para salinidad, 0,75 para el fluoruro, 0,56 para el hierro, 0,41 para el cobre, menos de 0,01 para el cadmio, 0,02 para el plomo, 102 para los coliformes totales y, 17 para los coliformes fecales, estos dos últimos medidos como NMP/100 ml. Los valores individuales para cada pozo indicaron una apreciable homogeneidad en cuanto a la calidad del agua de las diferentes fuentes bajo estudio. También mediante observación y entrevista a los propietarios de los pozos se determinó las posibilidades de contaminación por la cercanía de letrinas u otros dispositivos de manejo de heces fecales y orina, así como por el merodeo de animales domésticos y otros. Consideran que hay posibilidades de contaminación por inclusión de arrastre de agua de lluvia, así como deficiencias en la cantidad abastecida, apariencia en ocasiones no satisfactoria pues, los coliformes totales, están significativamente por sobre los límites máximos normados. No se detectaron problemas de salud relacionados con la calidad del agua de consumo humano.

Faviel E, et al (35), en México investigó sobre: Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la Encrucijada, Chiapas, México. El estudio muestra las percepciones de los habitantes de ocho comunidades ubicadas en el área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, con relación a la calidad, disponibilidad y accesibilidad de agua de pozos artesianos y agua potable embotellada y entubada, así como la evaluación de la calidad del agua de 29 pozos artesianos, nueve marcas de agua potable embotellada y dos fuentes de agua entubada. La

información sobre percepciones en relación con la disponibilidad y calidad del agua que consume la población se obtuvo mediante 105 entrevistas domiciliarias con preguntas cerradas. La calidad del agua se evaluó por medio de parámetros fisicoquímicos (pH, NO2, NO3 y alcalinidad) y bacteriológicos (coliformes fecales). Las seis comunidades que cuentan con pozo artesiano como única fuente de agua identifican mejor los meses en que escasea el agua en su pozo y perciben el cambio en el sabor del agua en comparación con las dos comunidades que tienen acceso a agua entubada. De los 29 pozos artesianos evaluados, 18 rebasaron el límite permisible para NO3 (> 10 mg/L), uno para NO2 (> 0.05 mg/L), dos para alcalinidad (> 300 mg/L) y en 27 hay presencia de coliformes fecales.

Gil-Marín JA, et al (36), en Venezuela investigaron: Evaluación de la calidad del agua subterránea utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de Estudio: Acuíferos de Maturín, Estado Monagas, Venezuela. El objetivo fue evaluar el índice de calidad del agua (ICA) en las aguas subterráneas de Maturín, medido por el método del índice aritmético ponderado. Para ello, se evaluaron catorce parámetros de calidad del agua (temperatura, pH, dureza, conductividad eléctrica, nitratos, nitritos, sulfatos, cloruros, hierro, manganeso, potasio, sodio, fenoles y coliformes fecales). El peso relativo asignado a cada parámetro varió de uno a cuatro basado en la importancia del parámetro para la vida acuática. Los valores de ICA van desde 15,42 (Pozo 6) a 606,99 (Pozo 1). El impacto de varias actividades antropogénicas fue evidente en algunos parámetros como manganeso, nitritos, fenoles y coliformes fecales. Se sugiere que el monitoreo del acuífero es necesario para una gestión adecuada. La aplicación del ICA se recomienda como una herramienta muy útil que

permite al público y a los responsables de la toma de decisiones, evaluar la calidad del agua subterránea en Venezuela.

Carrera TI y Estribí MC (37), en Honduras, investigaron. Evaluación del agua subterránea en puntos de captura y consumo en cinco municipios del oriente de Honduras. 2013. El objetivo fue evaluar la calidad del agua subterránea de los pozos perforados por la organización “Texas Water Mission” en el departamento de El Paraíso, Honduras. Se muestrearon 24 pozos, y se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras que incluyeron el pH, la temperatura, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, los sólidos totales disueltos, los nitratos, los nitritos, los fosfatos, la turbidez, el color, la dureza, la alcalinidad, varios metales totales, coliformes fecales y otras coliformes. Para la interpretación de los datos se utilizó el Índice Canadiense de Calidad de Agua (CWQI) y el Índice de Calidad de Agua Subterránea (GWQI). Se realizó un levantamiento de encuestas y toma de muestras bacteriológicas en los pozos y en los hogares de las comunidades de Las Tunas, La Granjita, Jacaleapa y Emmanuel. De acuerdo al CWQI, la mayoría de los pozos se ubicaba dentro de la categoría de “buena calidad”, y con el GWQI la mayoría se ubicó en la categoría de “extremadamente pobre”. Se determinó que existe una mejor calidad de agua en los puntos de captura en comparación con los puntos de consumo. Se identificó que existe una correlación positiva entre el nivel de bienestar familiar y los hábitos de higiene relacionados al manejo de recipientes y por ende con la calidad del agua.

Robles E, et al (38), en México, en su estudio: Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos México, 2013, determinaron la calidad del agua del acuífero Tepalcingo-

Axochiapan, donde efectuaron seis muestreos y determinaron dos parámetros bacteriológicos y once fisicoquímicos, reportando los resultados de: turbidez (0.14 – 0.77NTU), pH (6.0 – 7.6), sólidos totales disueltos en mg/L (297 - 1198), sulfatos en mg/L (49.8 - 740), dureza total en mg/L (145 - 736), nitratos en mg/L (0.81 – 2.20), cloruros en mg/L (3.8 – 30.7), las pruebas bacteriológicas mostraron concentraciones de coliformes totales y fecales en todos los pozos.

Hernández JH (25), en Guatemala, investigó: Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula, con el objetivo de determinar el número de pozos existentes en el casco urbano y evaluar la concentración de contaminantes químicos y bacteriológicos en agua de pozo para consumo humano. Estudio tipo analítico, con diseño cuasi experimental. La muestra estuvo conformada por 30 pozos domiciliarios de donde se obtuvieron un total de 90 muestras en un período de duración de 3 meses. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Ambiental del Centro Universitario. Los resultados fueron comparados con los parámetros microbiológicos incluidos en la Norma COGUANOR NGO 29001. Según los resultados del análisis bacteriológico el 87% de las muestras presentaron coliformes totales, el 77% coliformes fecales y el 50% tienen presencia de *Escherichia coli,* cantidades por arriba de los límites máximos permisibles que la norma exige. Conclusión la mayor parte de agua de pozos del departamento de Chiquimula se encuentra contaminada, lo cual la hace no apta para el consumo humano ya que no cumple con los parámetros microbiológicos permitidos.

Ortiz TI, et al (39), en Paraguay, investigaron: Nivel de concentración de bacterias coliformes fecales y totales en agua de pozos de abastecimiento público de la ciudad de Ñemby, Paraguay, 2011. El objetivo principal fue determinar la concentración de bacterias coliformes fecales y totales en los pozos correspondientes a las Juntas de Saneamiento de agua, provenientes del Acuífero Patiño, en el distrito de Ñemby. Investigación no experimental, descriptiva, transversal. La población correspondió a las aguas suministradas por trece pozos profundos, quienes surten de agua a la población. Se determinó la concentración de bacterias coliformes fecales y totales, el pH, la temperatura, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos. Se realizó la toma de muestras de agua de 13 pozos profundos acorde a la metodología sugerida por la Organización Panamericana de la Salud. Según los resultados los trece pozos profundos presentaron características físicas diferentes como ausencia de casetas de protección, accesorios que faciliten la extracción de agua, carencia de bases sello sanitario ante eventuales infiltraciones a los conductos internos. Microbiológicamente las muestras poseen concentraciones que se ajustan a los valores referidos como aceptables en la normativa en cuanto a coliformes fecales y totales, además de poseer niveles aceptables tanto de pH, temperatura, conductividad eléctrica y de sólidos totales disueltos.

Bastidas LM (40), en Chile, investigó. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, Valdivia. Chile-2009. El objetivo fue determinar la calidad bacteriológica del agua destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del Valle de Mariquina. Se tomaron 157 muestras de agua de pozos-noria de viviendas

particulares, y se procedió a cuantificar los coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) según la técnica del Número Más Probable. Además, en cada muestra positiva a CF, se determinó presencia de *Escherichia coli*. De forma paralela se evaluaron algunas características sanitario-estructurales de los pozos mediante la realización de una encuesta a los propietarios. Los análisis microbiológicos mostraron que el 92,4% de las muestras presentó contaminación con coliformes totales, el 59,2% con coliformes fecales y el 58,6% con *E. coli*, lo que hace que la gran mayoría de estas aguas no estén aptas para el consumo humano, según lo establecido en la normativa chilena. Las características de los pozos que se identificaron como factores de riesgo frente a la contaminación, fueron la poca profundidad de éstos y el utilizar baldes para la extracción del agua (p<0,05). Además, se encontraron altas proporciones de pozos con deficiente protección, proximidad de animales e ineficiente desinfección del agua; sin embargo, no se determinó que existiera asociación estadística entre estos factores y la contaminación que se encontró en las muestras.

García AC (41), en Ecuador, Desarrolló: Proyecto educativo sobre consumo de agua segura dirigido a las familias de la comunidad Los Tillales parroquia Sucre, cantón 24 de mayo. Provincia Manabí. 2011. Investigación con diseño descriptivo, transversal no experimental, para promover el consumo de agua segura, en una muestra de 70 familias, de la comunidad Los Tillales. Se aplicó una encuesta para conocer características socio demográfico, conocimientos y prácticas. Según los resultados, el 60% de encuestados están comprendidos en el grupo etario entre 20 a 39 años. Respecto a conocimientos y prácticas el 45% no conoce sobre el concepto

del agua segura. El 42% no conoce sobre enfermedades causadas por la insalubridad, diarrea; el 31% sobre cólera y el 52% sobre el dengue. El 90% consume agua sin tratar. El 75% desconoce los diferentes métodos de purificación del agua. El 70% no practica ningún método de purificación. El 54% desconoce la cantidad adecuada de cloro para desinfectar el agua. El 97% no consume agua tratada. El 78% manifiesta que no conserva el agua para el consumo humano.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Caro JA y Arroyo JA (42), en Iquitos investigaron sobre: Calidad de las aguas de pozos artesianos del caserío de Santo Tomas del distrito de San Juan Bautista. Tuvo como objetivo determinar la calidad de las aguas de pozos artesianos del caserío de Santo Tomás. La metodología abarca el estudio de las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas de pozos artesianos por un periodo de cuatro meses consecutivos. La calidad de las aguas se determinó comparando los resultados obtenidos con los estándares de calidad de agua. Se colectaron 4 muestras de agua, en cinco pozos y se analizaron sus parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, comparándolos con los límites máximos permisibles (LMP), del reglamento de calidad de agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA). Los parámetros, fisicoquímicos temperatura, turbidez, color, conductividad, sólidos totales disueltos, cloruros, dureza total, nitratos y sulfatos de los pozos 1, 2, 4 y 5, cumple con los LMP según el DS N° 031-2010-SA. El índice de calidad de las aguas de los pozos 1, 2, 4 y 5 fue del 94%. Concluyendo que las aguas de los pozos artesianos no son aptas

para el consumo humano, sin embargo, son de excelente calidad para su potabilización mediante un tratamiento convencional.

Valenzuela RN, Yucra Y (43), en Puno investigaron sobre: Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua subterránea del Parque Industrial Taparachi, mediante la evaluación de sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la muestra de agua subterránea evaluados fueron: color, turbidez, pH, conductividad, TDS, cloruros, sulfatos, dureza total, metales totales y coliformes totales. Los resultados de los parámetros del agua subterránea de pozo fueron comparados con la normativa de la calidad de agua D.S. N°031-2010-SA, donde los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los límites máximos permisibles, a excepción de la dureza total con un valor de 573 mg/L, así mismo el arsénico con un valor de 0.040 mg/L y coliformes totales 2 NMP/100mL, por tanto el agua subterránea de pozo del Parque Industrial Taparachi no cumple con los estándares que establece la norma sobre la calidad del agua, en consecuencia el agua no es apta para consumo humano, se recomienda el uso de filtros en la zona para reducir dichos niveles superiores a la norma.

Elías JW, et al (44), en Trujillo investigó: Evaluación de la calidad de agua de los pozos sector Porvenir la Caña, Distrito de Virú y su ulterior potabilización. El objetivo fue evaluar la calidad del agua de pozos del sector Porvenir La Caña distrito de Virú durante los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2020 para determinar si estas aguas son aptas para el consumo humano de acuerdo a la normatividad vigente y de no ser

así brindar una alternativa de potabilización. Los resultados obtenidos muestran que las aguas de los pozos en el sector de estudio presentan en promedio coliformes totales en un rango de 87 – 1175 NMP/100ml y termotolerantes en un rango de 2.7 - 16.1 NMP/100ml; sobrepasando los límites máximos permisibles por el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano (DS 031-2010-SA). Motivo por el cual se da en este trabajo una alternativa económica para hacerla apta y cumplir con la normatividad vigente.

Tacuri R (45), en Puno investigó: Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018. El objetivo fue determinar la calidad de agua obtenida a partir de pozos artesianos de los alrededores de la ciudad de Juliaca, en base a características físico químicas y microbiológicas de muestras de agua obtenidas a partir de 10 pozos, realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano. Se concluye que ninguno de los pozos artesianos tiene agua apta para el consumo humano. Luego de la evaluación la contaminación fecal en las fuentes de agua alcanza el nivel de riesgo muy alto con 240 Colif./100mL, mientras que los escenarios de consumo de agua con elevado contenido de dureza alcanza a 1128mg/L, cantidad de sulfatos elevada de 338.40mg/L, el escenario consumo de agua con elevada cantidad de cloruros de 511.84mg/L lo que presenta un riesgo ambiental medio.

Gonzales W, et al (46), en Huancavelica investigaron sobre: Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales alto andinas de Huancavelica-Perú. El objetivo de esta investigación fue contribuir con información actualizada sobre la

calidad de agua de seis comunidades rurales alto andinas del departamento de Huancavelica, Perú, respecto a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La evaluación fisicoquímica abarcó variables como la turbidez, conductividad eléctrica, pH, total de sólidos disueltos y potencial de oxidación; el microbiológico contempló la evaluación del Echericha Coli, coliformes termotolerantes y fecales. Como resultado, solo 1/17 (5,9%) punto de muestreo, ha superado el valor límite de turbidez de 5 NTU permitido por la normativa peruana; los demás parámetros se encuentran dentro del umbral permitido. Respecto a los parámetros microbiológicos (Echericha Coli, coliformes termotolerantes y fecales), 4/17 (23,5%) puntos de monitoreo han sobrepasado el valor límite permitido por el reglamento de agua de consumo humano; asimismo, se ha encontrado que estos tres parámetros guardan relación.

Zegarra AT (47), en Juliaca, investigó: Dispersión de contaminantes biológicos en las aguas subterráneas de la zona sur de la ciudad de Juliaca – 2017. El propósito fue determinar la influencia del nivel de carga de contaminantes biológicos de los silos en la dispersión de contaminantes biológicos en las aguas subterráneas. Estudio de tipo descriptivo, para lo cual se determinó el nivel de carga de contaminantes biológicos, distancia entre pozos y silos para así determinar la influencia en la dispersión de contaminantes biológicos. Según el resultado del análisis realizado, las muestras de agua de los pozos presentan concentraciones superiores a <1.8nmp/100ml (indica ausencia), para coliformes totales y fecales indicadores de contaminación fecal, el 66% de las muestras de agua de pozos pueden ser utilizados previa desinfección con cloro y el 34% requiere de otros tipos de tratamiento; siendo un factor influyente en la dispersión

de contaminantes biológicos la variación del nivel piezométrico, existiendo una correlación débil positiva y muy débil positiva entre el nivel de carga de contaminantes biológicos y las concentración de coliformes totales y fecales en las aguas subterráneas.

Hernández C (48), investigó: Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas para su mejora, en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. El objetivo fue generar una propuesta de alternativas tendiente a mejorar la calidad del agua de pozos artesanales construidos manualmente y sin ningún tipo de dirección técnica. Se muestreó 25 pozos de un total de 147, donde se analizó parámetros físico-químicos, metales, coliformes fecales y plaguicidas. Para la verificación de los datos se realizaron dos muestreos uno en octubre del 2012 y otro en abril del 2013. Los análisis determinaron que las concentraciones de manganeso son altas (mediana: 835 µg/L Mn) y en un 67% están por encima de lo máximo permitido. Además, se detectó la presencia de coliformes fecales en 10 de los 25 pozos**,** lo que indica contaminación por materia fecal Se concluye que los factores que influyen en la calidad del agua pueden deberse a varios motivos: desde razones naturales y geológicas, tal y como la presencia de manganeso en el suelo, hasta acciones antropogénicas, entre estas la escasa planificación urbana (ubicación pozo letrina), una pobre inversión en infraestructura de fuentes, pocas medidas de higiene, así como la contaminación proveniente posiblemente del uso extensivo de plaguicidas en las fincas aledañas.

Calsín KV (49), en Puno, investigó: Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno, 2016. El objetivo fue determinar

parámetros físicos, parámetros químicos, parámetros bacteriológicos en aguas subterráneas. Se analizaron muestras de agua de 70 pozos (32 artesianos y 38 tubulares) utilizando métodos de la Norma Técnica Peruana y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano MINAM (2012) en el laboratorio de control de calidad de la EPS. Los resultados de los parámetros físicos en aguas de pozos muestran que la conductividad total fue de 1636.25 µS/cm en pozos artesanales y en pozos tubulares 1082.18; la temperatura fue de 14.49 °C, los sólidos totales disueltos fue de 785.03 mg/L; la turbiedad fue de 2.15 NTU. Los parámetros químicos en aguas de pozos muestran que el pH total fue de 7.39 UpH; la concentración de sulfatos fue de 324.00 mg/L; la concentración de nitratos fue de 34.10 mg/L; el cloruro total fue de 206.50 mg/L; la dureza total fue de 628.91 mg/L. Los parámetros bacteriológicos de coliformes totales fue de 378.16 UFC/100 mL; los coliformes fecales fue de 107.22 UFC/100mL y las bacterias heterotróficas fue de 303.47 UFC/100 mL, Se concluye que los parámetros que excedieron los LMP fueron sulfatos, dureza total, coliformes totales y fecales, por lo tanto, el agua de pozos artesanales y tubulares no son aptas para el consumo humano.

Cava T y Ramos FE (50), en Lambayeque, investigaron sobre: Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento. El objetivo fue caracterizar física, química y microbiológicamente el agua de consumo humano de dicha localidad y así elaborar una propuesta de tratamiento para el fortalecimiento de este servicio. Para esto se tomó como referencia el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: DS N° 031 – 2010 – SA del Ministerio de

Salud. Se recolectó un total de 40 muestras, evaluando 19 parámetros. Obteniéndose como resultado que los parámetros que están dentro de los límites para consumo humano son: pH, dureza total, turbidez, color, nitratos, arsénico, plomo y recuento de heterótrofos y los parámetros que sobrepasan los límites son: cloruros, magnesio, conductividad eléctrica, solidos totales disueltos, sulfatos, cloro residual, coliformes totales y coliformes termotolerantes. Se concluye que el agua proveniente de la localidad de Las Juntas no es apta para consumo humano.

2.1.3. Antecedentes locales

A nivel local se ha logrado identificar los siguientes estudios de investigación relacionados con las variables de esta investigación.

Dávila DV, Inuma DE (51), investigaron sobre: Evaluación de las características del agua para consumo humano, en pozos tubulares y su incidencia en la salud, en los asentamientos humanos Los Olivos y Los 4 Suyos, distrito de Callería, departamento Ucayali. Tuvo como objetivo evaluar las características del agua para consumo humano, en los asentamientos humanos del Distrito de Callería. Los parámetros evaluados fueron: pH, turbiedad, temperatura, conductividad, solidos disueltos totales, color, hierro, manganeso, cloro residual, coliformes termotolerantes y coliformes totales. Los análisis siguieron los métodos de acuerdo al protocolo establecidos por el laboratorio de EMAPACOP S.A. Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores establecidos en el D.S. N°031- 2010S.A. Los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro del rango aceptable a excepción del color que sobrepasa en 86,33 UCV-Pt/Co en los olivos y en 28 UCVPt/Co en los 4 suyos, para el caso de los

olivos la turbiedad fue excedido en 6,9UNT el hierro con 0,7 ppm, asimismo se evidenció en los olivos valores elevados de manganeso que sobrepasan en 5,67 ppm en el pozo y en el AA. HH Los 4 suyos sobrepaso en Mn 3,97 ppm en pozo. En cuanto a coliformes totales solo se evidencio en los 4 suyos con valores que sobrepasan a lo establecido con 1 UFC/100ml, también se evidencio coliformes termotolerantes con valores de 1,67 UFC/100. Si bien las características del agua no cumplen con las normativas microbiológicas y fisicoquímicas, sin embargo ambas poblaciones conscientes de las repercusiones a la salud, el 75% de la población de los olivos y el 64% en los 4 Suyos hierven el agua como medida de prevención, sin embargo pese a ello la población presentan casos de EDA (Enfermedades diarreicas agudas), gastroenteritis y Colitis de origen no especificada, presentando el 58% de la población de los olivos y 50% en los 4 Suyos, donde la población más afectada son los menores de 1 año y de 3 a 13 años respectivamente.

Guimaraes LX (52), en Callería realizaron su investigación sobre: Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el Asentamiento Humano San Isidro, Callería-Ucayali, 2020. El objetivo fue evaluar si la calidad del agua que consumen los pobladores del Asentamiento Humano San Isidro es apta para el consumo humano. determinar los valores de los parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros microbiológicos del agua para consumo humano y compararlos con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Estudio descriptivo, no experimental del tipo transeccional. Se recolectaron 10 muestras de agua provenientes de la salida de la infraestructura del reservorio y 2 viviendas

(vivienda intermedia y vivienda más alejada), Los resultados obtenidos demostraron que el valor del parámetro químico: cloro residual libre no cumple con el valor del límite máximo permisible por ser menor de 0.5 mg/L, los valores de los parámetros microbiológicos: coliformes totales y coliformes termotolerantes no cumplen con el valor del límite máximo permisible por encontrarse por encima (haber presencia de estos) y los valores de los parámetros químicos cumplen con los valores de los límites máximos permisibles. Se concluye que el agua que suministra la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) San Isidro a la población no cumple con los requisitos establecidos en el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, por lo tanto, el agua No es Apta para el consumo humano, poniendo en riesgo la salud de las personas.

Villagra KS (53), en Coronel Portillo investigó: Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas de consumo humano en la Asociación Bien del Futuro y el caserío La Nueva Unión en el distrito de Coronel Portillo – Ucayali. El objetivo fue determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas de consumo humano en la Asociación Bien del Futuro. Para ello se evaluó sus características físicas, químicas y bacteriológicas. En el análisis bacteriológico se usó el método de tubos múltiples de fermentación, para los casos químicos y físicos los métodos de acuerdo a la naturaleza de los análisis. Según los resultados el agua de los pozos artesianos no es adecuada para consumo humano, pues tiene elevada presencia de coliformes y turbiedad, lo que indica exceso de sedimentos, además de la falta de cloro residual para eliminar las bacterias detectadas. Se concluye que el estudio ha demostrado que las aguas que proceden de pozos, generalmente no son las apropiadas, y

revisten un serio riesgo para la salud de estas poblaciones, por lo que requieren de un tratamiento para ser utilizadas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Aspectos básicos sobre la variable contaminación de las aguas de pozos subterráneos

El agua es un componente de la naturaleza que ha estado presente en la tierra desde hace más de 3000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Se compone de tres átomos, dos de hidrógeno y uno de oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua (H_2O).

El agua es un líquido incoloro, casi inodoro e insípido, esencial para la vida animal y vegetal y el más empleado como solvente. Gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce que poseemos en 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituido por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos.

Definiciones conceptuales de contaminación del agua

Contaminantes del agua

La contaminación del agua es la incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos de aguas residuales que deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para bebida, regadío, lugar de recreo, soporte de vida acuática.

Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Se entiende por contaminantes del agua a la introducción de elementos extraños en el acuífero ocasionando la alteración de la calidad natural de la misma debido a las actividades humanas, por procesos naturales o por la acción combinada de ambos factores. Según la Organización Mundial de la Salud se considera que el agua está contaminada cuando su composición se ha alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales.

Aguas subterráneas

El agua subterránea 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 (54).

La mayor parte del agua subterránea se origina del agua de lluvia filtrada hasta los mantos acuíferos después de fluir a través del subsuelo. El agua puede cargar muchas impurezas tales como partículas orgánicas e inorgánicas, detritus de plantas y animales, microorganismos, pesticidas, fertilizantes, etc. Sin embargo, durante su recorrido por el subsuelo mejora significativamente su calidad; las partículas suspendidas y microorganismos se retienen por filtración natural y las sustancias orgánicas se degradan por oxidación. Por otro lado, las sales disueltas, causantes de problemas como dureza y salinidad, no se remueven e incluso, se pueden incrementar considerablemente por la disolución de

minerales del subsuelo. Otras sustancias o elementos frecuentemente presentes en las aguas subterráneas son: sulfatos, nitratos, hierro, manganeso, arsénico y flúor (55).

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

Una extracción técnica y apropiada del recurso hídrico subterráneo permite obtener un caudal constante y por consiguiente mantener el abastecimiento normal y sin riesgos de fallas en las comunidades ya sea para consumo humano, industrial, riego, etc. (55).

Acuíferos

Un acuífero es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos es una parte importante del ciclo hidrológico. Se han realizado estudios que permiten calcular que aproximadamente el 30 por ciento del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea y se pueden clasificar en: (54)

- **Acuíferos libres:** Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros.

- **Acuíferos confinados:** Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden, procede de la expansión del agua y de la descompresión de

la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero.

- **Acuíferos semiconfinados.** Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua.

Calidad de aguas subterráneas

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables fisicoquímica del agua o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se demuestra en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud. La calidad microbiología se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que, por su presencia puedan señalar la posible existencia de otros, tal y como sucede con los coliformes fecales, Escherichia coli y Salmonella (56).

En términos generales según señala Bastidas LM (57) las aguas subterráneas suelen tener una calidad bacteriológica muy superior a las aguas superficiales, una composición química mucho más estable y una estabilidad estacional de temperatura. Se encuentran mejor protegidas frente a la contaminación que las aguas superficiales, debido a la eficaz barrera constituida por la capa de suelo que recubre la parte superior del estrato rocoso impermeable que circunda el acuífero. Sin embargo, según Foster SR, et al (13) tal protección no existe cuando el hombre inyecta directamente los contaminantes en el subsuelo, es más, una vez

incorporado el agente al flujo subterráneo resulta muy difícil y costoso tanto conocer su movimiento y evolución como detenerlo para evitar que llegue a pozos de agua u otros lugares de explotación.

Cuando el agua subterránea se contamina no es capaz de depurarse por sí sola debido a que los flujos del agua freática son lentos y no turbulentos, y los contaminantes no se diluyen y dispersan en forma adecuada. Además, la descomposición natural en los acuíferos es mínima ya que contienen poblaciones muy pequeñas de bacterias aeróbicas y anaeróbicas. Por otra parte, las temperaturas de estas aguas, más bajas que en la superficie, hacen que las reacciones de descomposición sean más lentas (57).

Pozos artesianos

Son manantiales artificiales, provocados por el hombre mediante una perforación a gran profundidad y en la que la presión del agua es tal que la hace emerger en la superficie (58).

Existen pozos de captación de agua llamados pozos artesianos, que pueden ser aquellos tipos de pozo que alcanza un manto cautivo de agua, de forma que como el nivel freático del líquido está por encima de la superficie del pozo, éste mana por si solo elevándose hasta un nivel equivalente al del punto de alimentación de la capa cautiva menos un tanto debido a la pérdida de carga (59) sin embargo, en algunos pozos el agua asciende, derramándose a veces por la superficie (60) en cuanto a la ventaja de los pozos artesianos es que no necesitan de bomba para elevar el agua.

Los pozos artesanales según la OPS (61), son aquellos que se construyen por medio de picos, palas o equipo manual para excavación, son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas domésticas, además su diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo. Dependiendo del tipo de protección que posee el pozo y de la presencia de puntos de contaminación cercanos, el agua debe ser tratada y desinfectada antes de ser destinada al consumo humano directo (62).

Los pozos, además, deben ser monitoreados anualmente para detectar la posible presencia de químicos peligrosos, nitratos o coliformes. La frecuencia de las pruebas debe aumentar si se sospecha de un problema de contaminación fecal, pesticidas o metales (63).

Contaminación de las aguas subterráneas

La contaminación del agua subterránea es una cuestión seria, en particular en las áreas donde los acuíferos proporcionan una gran parte del suministro de agua. Se entiende por contaminación del agua, en general, a la alteración de la calidad natural de la misma debido a la acción humana. Según la OMS muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto están la contaminación del recurso hídrico con aguas servidas domésticas sin tratar, la carencia de sistemas adecuados de saneamiento, principalmente en las zonas rurales, de igual manera, la contaminación por excretas humanas representa un serio riesgo a la salud pública.

La contaminación del agua subterránea es un problema mundial que es casi imposible evitarlo por la situación del crecimiento de los centros urbanos, donde día a día se generan una gran cantidad de residuos contaminantes, por lo que es necesario que toda la población en general ponga atención en el manejo de los residuos que puedan provocar daño a los mantos acuíferos subterráneos (15).

Los acuíferos se contaminan desde la superficie debido a que el agua que se infiltra lleva los contaminantes que hay sobre el suelo hasta la capa de agua subterránea. Según Aurazo M (12) la contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que pueden provocar enfermedades; por lo tanto, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población.

- **Contaminación del agua subterránea por actividades humanas:** Las formas de contaminación orgánica y biológica más comunes son las fosas sépticas, pozos negros, fugas de sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas de letrinas, a la cual se suma la contaminación nacida de la utilización cada vez más intensa de productos químicos de uso domésticos, tales como los detergentes en sus diferentes presentaciones (12).

- **Contaminación del agua subterránea por labores agrícolas:** Probablemente la causa más generalizada e importante del deterioro de la calidad del agua subterránea como consecuencia de la acción humana es la práctica agrícola. Los contaminantes potenciales más significativos en este campo son los fertilizantes, los

pesticidas, insecticidas, herbicidas y plaguicidas utilizados en la agricultura, los cuales después de usarlos en la tierra se descomponen aumentando las sales, esto ocasiona que el pH y el contenido de bicarbonatos disminuyan; a esto se suma el quemado de las plantas secas o sobrantes, que contribuyen con la salinización del suelo (64).

- **Contaminación del agua subterránea por la actividad industrial:**

  La contaminación de las aguas subterráneas como consecuencia de las actividades industriales presenta dos características fundamentales. Por un lado, está la inmensa variedad de substancias químicas, orgánicas o inorgánicas, generadas en este sector capaz de producir contaminación, es decir: multiplicidad de posibles agentes contaminantes. Por otro lado, esta contaminación presenta un carácter típicamente local o puntual, individualizable en función del tipo de industria de que se trate (64).

  Las principales fuentes de este tipo de contaminación están constituidas por los residuos de producción eliminados a través de la atmósfera, el terreno y las aguas superficiales o subterráneas, las pérdidas de substancias contaminantes durante su almacenamiento o transporte y los accidentes en tanques líneas de conducción. etc.

  El riesgo máximo deriva de la inyección sin el control y emplazamiento adecuados y del vertido en excavaciones, particularmente cuando éstas alcanzan el nivel freático del acuífero.

Mecanismos de introducción y propagación de la contaminación en el acuífero

Los mecanismos por los que un agente contaminante puede alcanzar el acuífero y propagarse en él afectando a zonas que en principio podrían considerarse alejadas de su influencia son múltiples y muy complejos. Los criterios para la clasificación de estos mecanismos son igualmente complejos y pueden extenderse casi indefinidamente. Una clasificación útil es la que considera la posición del punto desde el que se propaga el contaminante. Según ella pueden establecerse tres categorías que se producen con relativa frecuencia.

Mecanismos de propagación a partir de la superficie

Se incluyen en este grupo los casos de arrastre de contaminantes desde la superficie del terreno por las aguas de infiltración (vertidos sobre el terreno, uso de fertilizantes. etc.) y los de infiltración de aguas superficiales contaminadas provocados por la acción humana.

- Contaminación de un acuífero por lixiviado de residuos depositados en superficie, como la eliminación de residuos sólidos o efluentes de plantas de tratamiento vertidos a cauces secos, vertederos incontrolados, acumulación de diferentes substancias en superficie la cual se infiltrará al flujo subterráneo pudiendo llegar eventualmente a las captaciones de aguas subterráneas.
- Contaminación por actividades agrícolas (Fertilizantes, pesticidas y riegos), situación típica de infiltración de aguas (lluvia o riego) que disuelven abonos, pesticidas, etc. La explotación del acuífero, para

abastecimiento conllevando al riesgo de utilizar aguas contaminadas.

- Contaminación por flujo inducido de aguas superficiales contaminadas hacia un pozo. Flujo provocado por la extracción de agua subterránea en las proximidades de un rio, canal, acequia. etc. que recoja aguas de retorno de riego, aguas residuales urbanas o industriales, etc. El bombeo provoca un cambio en el sentido del flujo de manera que en última instancia y tras cierto tiempo de funcionamiento continuo, el pozo captará en parte aguas contaminadas procedentes de la superficie.

Mecanismos de propagación desde la zona no saturada

Este grupo comprende situaciones muy comunes y frecuentes de las que sólo se ejemplifican dos:

- **Aguas residuales domésticas:** Dentro de este grupo podrían incluirse los casos de utilización de fosas sépticas, reciclado de efluentes y en general, de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas. El riesgo potencial se multiplica cuando se producen concentraciones de estos sistemas de evacuación en áreas restringidas cuya situación hidrogeológica es favorable a la infiltración como son las áreas de recarga de los acuíferos. A pesar de los procesos de absorción en el suelo y de atenuación de la contaminación que se producen en la zona no saturada la infiltración de ciertas substancias hasta el nivel freático puede constituir una amenaza real para las captaciones próximas.

- **Embalsamiento superficial:** Se refiere a casos de acumulación de residuos líquidos de diversa procedencia (balsas de evaporación o de concentración, balsas de infiltración de industrias, etc.) depositados en excavaciones naturales o artificiales. Está en relación con la estructura geológica, la humedad y la posición del punto de vertido la topografía y el sistema de flujo subterráneo.

Mecanismos de propagación originados en la zona saturada

Dos son las situaciones típicas, y probablemente las más significativas que se incluyen en este grupo:

- **Pozos de inyección:** Tal es el caso de sondeos utilizados para inyección directa y eliminación de aguas residuales, industriales, aguas procedentes de actividades mineras o de agua contaminada térmicamente en procesos de calefacción o refrigeración. Estas prácticas constituyen una amenaza muy seria probablemente la más directa para la calidad de las aguas subterráneas, en particular cuando los pozos y sondeos destinados a este fin no están adecuadamente diseñados, construidos, situados o manejados.

- **Progresión de la intrusión salina por alteración del régimen de flujo:** El bombeo excesivo en acuíferos costeros conectados hidráulicamente con el mar o la ubicación inadecuada de las captaciones de bombeo en este tipo de acuíferos provoca el avance de una cuña de agua salada, tierra adentro, al disminuir el flujo de agua dulce hacia el mar.

La consecuencia inmediata de la introducción de elementos extraños en el acuífero por cualquiera de los mecanismos citados en los epígrafes anteriores es una situación de contaminación más o menos intensa y extendida.

Fuentes potenciales de contaminación

El deterioro de la calidad del agua subterránea debido a la contaminación puede ser provocado directa o indirectamente, por las actividades humanas, por procesos naturales o por la acción combinada de ambos factores.

Las causas fundamentales de contaminación del agua subterránea pueden agruparse en cuatro grupos, en relación con el tipo de actividad humana que las produce:

Contaminación urbana y doméstica

Existen dos tipos fundamentales de residuos generados por estas actividades: los residuos sólidos y los residuos líquidos o aguas residuales urbanas. Ambos constituyen la amenaza más directa para la calidad de las aguas subterráneas.

- Los residuos sólidos urbanos y domésticos, colocados en vertederos controlados y en mayor proporción los no controlados están sometidos a lixiviación por el agua de lluvia y otros residuos líquidos. El Lixiviado líquido originado en este proceso, contiene gran cantidad de elementos contaminantes y el total de sólidos disueltos puede ser muy elevado. En ese sentido el control de los vertederos

de basuras y su correcto emplazamiento hidrogeológico son los medios más seguros para minimizar los efectos de la contaminación que pueden producir.

- Residuos líquidos urbanos y domésticos, este tipo de residuos suele eliminarse a través de las redes de alcantarillado en las poblaciones que disponen de ellas, directamente a los cauces fluviales en la mayoría de los casos sin un proceso previo de tratamiento de depuración. En múltiples localidades con escasa población y en núcleos agrícolas aislados el procedimiento de eliminación tiene lugar a través de pozos negros, fosas sépticas. Letrinas, etc.

  Este tipo de vertidos contiene sales minerales, materia orgánica, restos de compuestos biodegradables, así como virus y microorganismos fecales en general. El grado de tratamiento a que se encuentren sometidos antes de su vertido condiciona notablemente la carga contaminante que pueden aportar. La contaminación por materia orgánica en acuíferos lo constituyen las pérdidas de las redes de alcantarillado, la infiltración desde pozos negros y fosas sépticas o el vertido directo en cauces secos.

Dimensiones de la variable contaminación del agua de pozos subterráneos

La OMS (65) ha fijado 5 parámetros de calidad del agua que no pueden exceder los niveles aceptables: físicos, químicos, microbiológicos, toxicológicos y radiactivos. Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de parámetros indicadores considerados

serán aptas para el consumo humano, la cual es utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios y otros menesteres domésticos.

Contaminantes microbiológicos del agua subterránea

El principal problema que puede entrañar la contaminación microbiológica de las aguas subterráneas consiste en la posible propagación de enfermedades producidas por bacterias o virus que sean introducidas en el acuífero por los vertidos de productos fecales de origen humano o animal. Por ello se recurre a la determinación del contenido en el agua de algunos grupos característicos de las aguas fecales para deducir de su presencia la de otros organismos patógenos asociados.

Un amplio margen de seguridad en lo que se refiere a la inocuidad bacteriológica de las aguas de bebida se consigue a través del cumplimiento de las normas en cuanto a su contenido en bacterias aerobias, bacterias coliformes y estreptococos, coliformes fecales y patógenos y otros elementos formes.

- **Bacterias:** Las bacterias que se encuentran más frecuentemente en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por lo tanto su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se ha usado el grupo de las bacterias coliformes como indicadores, ya que su detección es más rápida y sencilla (66).

- **Bacterias del grupo coliforme:** Los coliformes son bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa con formación de gas cuando se incuban 48 horas a 35 ºC, Son habitantes intestinales en el hombre y animales de sangre caliente, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. El grupo coliforme está formado por los siguientes géneros: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (67). La mayoría de estos organismos se encuentran en vida libre es decir en el medio ambiente y materia en descomposición, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos como el hombre y animales de sangre caliente (68).

  La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición; por lo general, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

- **Coliformes totales:** Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 35 ºC ± 0.5 ºC en un período de 24 a 48 horas, características que se investigan por el método de fermentación con tubos múltiples (69). Los coliformes representan un indicador biológico de la posible presencia de otros microorganismos patógenos o deteriorantes, debido a malas prácticas higiénicas, sanitarias o de contaminación de origen ambiental producida por descargas de materiales orgánicos (70).

El método de filtración se ha usado para la determinación del grupo coliforme total, para su interpretación se observa el crecimiento de colonias típicas color rosado a rojo con brillo metálico dorado en medio Endo C (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) después de una incubación de 24 horas a 35 ºC (70).

- **Coliformes fecales:** Son bacterias que pueden encontrarse en el intestino humano y heces de animales, se consideran el principal indicador de contaminación fecal del agua de uso doméstico, industrial y otros. Su presencia en el agua es indicador de la calidad bacteriológica. Forman parte del grupo coliforme total, y son microorganismos que fermentan la lactosa con producción de gas a 44 ºC ± 0.2 °C en un periodo de 24 a 48 horas (71). Por consiguiente, la presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición Cuanto mayor es la frecuencia de análisis de indicadores de contaminación fecal en el agua, mayor es la probabilidad de detectar contaminación, por lo tanto es preferible realizar exámenes frecuentes usando un método sencillo que realizar exámenes menos frecuentes mediante un análisis o serie de análisis más complejos en función de la pluviosidad y de otras circunstancias locales (72).

  Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado, especies de *Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter*. Los coliformes termorresistentes distintos de *E.coli* pueden provenir

también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición. Como los organismos coliformes termorresistentes se detectan con facilidad, pueden desempeñar una importante función secundaria como indicadores de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales (73).

Estas bacterias son de interés clínico, ya que pueden ser capaces de generar infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior e inferior, además de bacteriemia, infecciones de piel y tejidos blandos, enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades severas en el ser humano (68).

- **Bacterias heterotróficas:** Las bacterias heterotróficas están presentes en todos los cuerpos de agua y constituyen un grupo de bacterias ambientales de amplia distribución, éstas son indicadoras de la eficacia de los procesos de tratamiento, principalmente de la desinfección (71).

Contaminantes físicos del agua subterránea

El análisis físico evalúa las características relativas al comportamiento físico que determina su calidad. La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas la temperatura, turbidez, color y conductividad. Los sentidos organolépticos ayudan a analizar el agua relacionando parámetros que pueden ser medidos de esta forma y comprobándolos con estándares que se disponen en los laboratorios (74).

- **Temperatura:** Es un parámetro básico e importante por los efectos que tiene sobre otros parámetros, por ejemplo, aceleración de reacciones químicas, reducción en la solubilidad de los gases, intensificación de sabores, olores y mayor conductividad. La temperatura indica la transferencia de calor en un cuerpo de agua, es un parámetro importante por su efecto sobre el medio ambiente, ya que la polución térmica es significativa después de los 37 ºC aproximadamente, pues altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de reacciones bioquímicas en seres vivos, así como también la actividad microbiológica en las aguas (75).

- **Turbidez:** La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como materias orgánicas e inorgánicas Es una medida en la cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de sólidos coloidales, los cuales hacen que tenga una apariencia brumosa. Entre más turbia sea el agua, menor calidad tendrá, hará que sea poco atractiva a la vista y puede ser dañina. La turbidez se mide en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) y para que sea apta para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU y estar idealmente por debajo de 1 NTU (75).

- **Color:** El color del agua está asociado con su color verdadero debido a las sustancias en solución y el color aparente es debido a las sustancias suspendidas. La existencia de determinados colores puede ser indicativo de la presencia de ciertos contaminantes. En general el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos

de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a ácidos húmicos. La presencia de hierro puede producir un color rojizo y el manganeso un color negro. Según el color, los principales tratamientos de eliminación pueden ser de coagulación y filtración, la coloración o la absorción con carbón activado. El color esperado para agua de pozos suele encontrarse por debajo de 5.0µ (76).

- **Conductividad eléctrica:** Es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad, depende de la cantidad de sales disueltas y es aproximadamente proporcional al contenido de sólidos totales disueltos (77).

  La mayor conductividad eléctrica en pozos artesanales se debe a la contaminación de las aguas subterráneas relacionada principalmente con el nivel freático que es poco profundo y se tiene el fenómeno de intrusión salina; este riesgo para la calidad del agua se debe a un drenaje sanitario y pluvial deficiente, originando así el uso de pozos sépticos en las casas gran parte de estas escurren o se infiltran (78).

- **Sólidos totales disueltos:** Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton, la materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua y pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras provocando reacciones fisiológicas desfavorables en el consumidor ocasional (79).

Contaminantes químicos del agua subterránea

Se incluye en este grupo una extensa gama de elementos orgánicos e inorgánicos que sería imposible tratar de describir en el marco de este trabajo. Se consideran únicamente los más comunes señalando, a la vez, su entidad e importancia relativa, de una forma somera.

Por medio de este análisis se determina el contenido de sales minerales y materia orgánica, el que se compara con los estándares para poder determinar su calidad, usos y cualquier proceso que deba ser sometida. Las actividades industriales generan contaminación al agua cuando hay presencia metales pesados tóxicos para los humanos tales como arsénico, plomo, mercurio y cromo. La actividad agrícola contamina cuando se emplea un uso inadecuado de plaguicidas o fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos (74).

- **pH o índice de hidrógeno:** El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica; y neutra si el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales; la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrogeno o pH; el pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro; el pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua (79).

- **Sulfatos:** Los sulfatos están presentes en forma natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en las industrias químicas y se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos; no obstante las mayores concentraciones se dan, por lo común, en las aguas subterráneas estas se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas (80).

  El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia; el umbral del sabor para el sulfato de sodio y sulfato de calcio en agua es: 250 mg/L y 100 mg/L respectivamente; el sulfato es uno de los aniones menos tóxicos; sin embargo, en grandes concentraciones, se han observado catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal; ocasionando un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua (79).

- **Nitratos:** Los nitratos producidos en exceso para las necesidades de la vida vegetal, son transportados por el agua, luego estas se filtran a través del suelo, debido a que el suelo no tiene la capacidad de retenerlos pudiendo encontrarse en concentraciones superiores en aguas subterráneas; el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados incluyendo el amoniaco así como la contaminación causada por la acumulación de excretas humanos y animales puede contribuir a elevar la concentración de nitratos en el agua (81).

- **Cloruro:** El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua, de esta manera el alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado, la infiltración de aguas subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituyen también una potencial fuente de cloruros y sulfatos (82).

  Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales; las heces humanas, por ejemplo suponen unos 6 g de cloruros por persona día; un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal; el umbral del gusto de los cloruros es de 200 mg/L a 300 mg/L; los cloruros no tienen un efecto nocivo en la salud, pero en concentraciones superiores a 250 mg/L este valor está basado en el sabor del agua el cual es percibido organolépticamente, y no en algún daño fisiológico conocido (79).

- **Dureza total:** El grado de dureza del agua aumenta, cuanto más calcio y magnesio hay disuelto, el magnesio y calcio son iones positivamente cargados; debido a su presencia, otros iones cargados positivamente se disolverán menos fácil en el agua dura que en el agua que no contiene calcio y magnesio (83). La dureza de las aguas refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto; el umbral del gusto es de: 100 - 300 mg/L y en concentraciones de 200 mg/L puede causar incrustaciones; el agua dura no tiene ningún riesgo a la salud pero puede crear problemas a los consumidores a partir de

concentraciones superiores a 200 mg/L pueden afectar la tubería, los calentadores de agua y los lavaplatos; la aceptación de la dureza del agua por el público puede ser muy variable y está en función de las condiciones locales (82).

Parámetros para la caracterización de la calidad del agua para consumo humano

La vigilancia es una actividad de investigación que se realiza para detectar y evaluar posibles riesgos para la salud asociados al agua de consumo, contribuye a proteger la salud pública fomentando la mejora de los llamados «indicadores de servicio» del abastecimiento de agua de consumo: calidad, cantidad, accesibilidad, cobertura (poblaciones con acceso fiable), asequibilidad y continuidad (84).

- **Análisis bacteriológico:** El agua para bebida debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, que pueden transmitir enfermedades infecciosas causadas por bacterias, virus o protozoarios patógenos. El agua tratada o sin tratar que circula por un sistema de distribución no debe contener ningún microorganismo que pueda ser de origen fecal.

  El objetivo primordial de los exámenes que se suelen practicar al agua es determinar si contiene organismos patógenos; los principales microorganismos indicadores de contaminación fecal son: Escherichia Coli, las bacterias termorresistentes y otras bacterias coliformes, los estreptococos fecales. La presencia de *Escherichia coli* debe considerarse como indicio seguro de

contaminación fecal reciente y, por tanto, peligrosa que exige la aplicación de medidas urgentes.

Según la norma peruana de calidad de agua para el consumo humano aprobado en el 2010 da como límites permisibles microbiológicos, parasitológicos y organolépticos los siguientes:

Tabla 2

Límites máximos permisibles (LMP) de parámetros microbiológicos de agua de consumo humano

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible (LMP)
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0
E. coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0
Bacterias coliformes fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0
Bacterias heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500

Fuente: (DIGESA, 2011)
UFC = Unidades Formadoras de Colonias

- **Análisis físicos:** Este tipo de análisis se relaciona con la medición y registro de aquellas propiedades organolépticas que pueden ser observadas por los sentidos; para lo que se hace uso de ciertos parámetros que permiten tener un juicio acertado de la calidad del agua. Estas características son las que más impresionan al consumidor, sin embargo, tienen menor importancia desde el punto de vista sanitario. Dentro de ellas tenemos: Color, olor, temperatura, turbidez, pH, conductividad eléctrica, solidos totales disueltos (calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro).

  El análisis físico evalúa las características, relativas a su comportamiento físico, que determina su calidad. La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas la temperatura, turbidez, color y

conductividad. Los sentidos organolépticos ayudan a analizar el agua relacionando parámetros que pueden ser medidos de esta forma y comprobándolos con estándares que se disponen en los laboratorios (74).

- **Análisis químicos:** Mediante este análisis es posible determinar las cantidades de materia mineral y orgánica presentes en el agua y que pueden afectar su calidad. El análisis químico desde el punto de vista de la potabilidad del agua se hace por dos razones. Para determinar si la concentración de los constituyentes químicos está conforme a las normas y para determinar la presencia de productos del nitrógeno y relacionarlo con la contaminación de materia orgánica, amoniaco, nitritos (que indican oxidación bacteriana de la materia orgánica) y nitratos que indica que la materia orgánica ha sido mineralizada. Dentro de ellas tenemos: Cloruro, cloro residual, sulfatos, dureza, nitratos, alcalinidad, metales.

Tabla 3

Límites máximos permisibles de calidad física y química de agua para consumo de agua

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible (LMP)
Turbiedad	NTU	5
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5
Conductividad	uS/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000
Cloruros	mg/Cl^-	250
Sulfatos	mg/$SO4^-$	250
Dureza total	mg/CaCO3	500
Nitratos	mg/NO3	50

Métodos de análisis bacteriológicos

Existe un grupo de enfermedades conocidas como enfermedades hídricas, debido a que su vía de transmisión es la ingestión del agua contaminada. Es entonces conveniente determinar la potabilidad desde el punto de vista bacteriológico usando métodos como filtración por membrana, fermentación de tubos múltiples o el método modificado para número más probable Colilert Quanti-Tray (85).

Filtración por membrana

El método de filtración por membrana es práctico y permite analizar grandes volúmenes de muestra obteniéndose resultados comparables con el procedimiento de fermentación de tubos múltiples (86).

Se utilizan filtros de membrana de ésteres de celulosa, con poros de 0.45 µm de diámetro que retienen las bacterias al filtrar con la ayuda de un sistema de vacío, las membranas son colocadas posteriormente en medios selectivos como: Agar Endo C o agar Chromocult, que contienen los nutrientes necesarios que favorecen el crecimiento de las bacterias que se desean identificar; primero se incuba durante 24 horas a 35 ºC, el segundo durante el mismo tiempo a 44 ºC (86).

Método de fermentación de tubos múltiples o número más probable (NMP)

El método de NMP es considerado como estándar para la determinación del grupo coliforme, se fundamenta en que los microorganismos del grupo coliforme fermentan la lactosa, producen ácido

y gas; es utilizado para determinar estadísticamente el número más probable de bacterias presentes en una muestra de agua o alimentos (86).

Este método se basa en tablas de probabilidad estadística, las cuales tienen un límite de confianza del 95 por ciento (87).

El método de NMP consta de tres fases: presuntiva, confirmatoria y complementaria. La fase presuntiva se realiza a través de la presencia de gas debido a la fermentación de la lactosa y turbidez en el medio; la fase confirmatoria utiliza el caldo Bilis Verde Brillante (BLVB), obteniendo el NMP de coliformes totales por gramo o mililitro de muestra. Los tubos de la fase presuntiva y los de la confirmatoria, deben incubarse durante 24 a 48 horas a 35 ºC. La fase complementaria se realiza a partir de los tubos de la fase confirmatoria, establece en definitiva la presencia de coliformes y es un control de calidad de los datos. Esta prueba puede hacerse por la doble confirmación de caldo Bilis Verde Brillante para coliformes totales y caldo EC (para la determinación selectiva de coliformes fecales y *E. coli*) (87).

Método modificado para NMP Colilert Quanti-Tray

Utiliza la tecnología de sustratos definida (DST) para dos nutrientes indicadores, ONPG y MUG, son las fuentes principales de carbono en Colilert y pueden ser metabolizados por la enzima coliforme ß-galactosidasa y la enzima ß-glucuronidasa de *E. coli*, respectivamente. Cuando los coliformes totales metabolizan el indicador ONPG de nutrientes de Colilert, la muestra toma una coloración amarilla. Cuando *E. coli* metaboliza el indicador MUG de nutrientes de Colilert, la muestra fluoresce. Colilert puede detectar simultáneamente estas bacterias a una concentración de 1 UFC/100ml en 24 horas hasta en presencia de 2

millones de bacterias heterotróficas por cada 100 ml. Es considerado un método estándar para examen del agua y de aguas residuales (79).

2.2.2. Aspectos básicos sobre métodos de desinfección del agua subterránea para consumo humano

Escritos que datan del año 2000 a.C., hablan de la necesidad de "tratar el agua" para su consumo, así, los egipcios descubrieron los principios de la coagulación, Hipócrates en el 500 a.C. diseñó un filtro cuyo propósito era la filtración del agua para eliminar sedimentos, también los romanos con la construcción de acueductos fueron los pioneros en el transporte del agua. Más adelante, en 1627, Sir Francis Bacon utilizó la filtración del agua a través de la arena para eliminar partículas de sal, y con el descubrimiento del microscopio en 1676, Van Leeuwenhoek observó por primera vez microorganismos en el agua. En 1804 en Escocia se construye la primera planta municipal de tratamiento de agua basada en la filtración lenta del agua a través de arena; y en ese mismo siglo, se descubrió que el cólera se propagaba a través del agua y se empezaron a aplicar los tratamientos de desinfección con cloro. A principios del siglo XX, se comenzaron a usar otros desinfectantes, como el hipoclorito cálcico y el cloruro férrico. En 1906, en Francia, se aplica por primera vez el ozono para desinfectar y los intercambiadores de cationes. En 1974, en Estados Unidos se formuló La ley de Agua Potable (SDWA), y en esa misma época se reguló la contaminación industrial y se definieron las plantas de tratamiento de agua. En la década de los 80, se empiezan a aplicar las técnicas de aireación, floculación, adsorción por carbón activo y ósmosis inversa. Actualmente los estudios sobre tratamientos de aguas, están

enfocados a minimizar la aparición de subproductos de la desinfección como los trihalometanos y cloraminas.

Métodos de desinfección del agua

Desinfección del agua

En términos prácticos, Perez H (88), señala que la desinfección del agua es referida a la destrucción, remoción e inactivación de los microorganismos patógenos presentes en ella, hasta alcanzar un nivel que no represente peligro para la salud.

La desinfección del agua tiene por finalidad eliminar los microorganismos patógenos contenidos en ella que no han sido eliminados en las fases iniciales del tratamiento, es necesaria como uno de los últimos pasos para prevenir que esta sea dañina para la salud. Muchas veces, tratándose de agua de manantiales naturales o de pozo, la desinfección es el único tratamiento que se le da para obtener agua potable. Aunque los productos que más se utilizan con este fin son el cloro y el hipoclorito, también se pueden emplear cloraminas, dióxido de cloro, ozono y radiaciones ultravioleta (89).

Carranza R., indica que la desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y/o físicos. Estos agentes también extraen contaminantes orgánicos del agua, que son nutrientes o cobijo para los microorganismos. Los desinfectantes deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la

desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la re-contaminación del agua (90).

Principios básicos de la desinfección del agua

Desde la antigüedad hasta hoy día, el ser humano ha entendido que la calidad del agua destinada al consumo, no debe contener microorganismos nocivos y las concentraciones de sustancias químicas o de otro tipo deben estar bajo los niveles que pueden presentar riesgos para la salud (91). Sumado a ello tampoco deben tener color, sabor ni olor desagradable. Desde el punto de vista biológico, estos requisitos implican la eliminación o destrucción de bacterias entéricas, virus, quistes de protozoos y esporas bacterianas que pueden causar infección o enfermedad.

Métodos de desinfección del agua

- **Hervir el agua:** Es el método más seguro y sencillo, pero no siempre es posible utilizarlo. La mayoría de microorganismos (bacterias y virus) son neutralizados al alcanzar una temperatura de 65 ºC - 70 ºC durante un minuto. A nivel del mar, el agua hierve a 100 ºC; por lo que, un minuto después de llegar a la ebullición, el agua está desinfectada (se requieren 3 minutos por encima de 2.000 metros).

  Este método es muy eficaz en la destrucción de los gérmenes patógenos más comunes trasmitidos por el agua, tales como bacterias, esporas, virus, quistes. Tiene como desventaja que no proporciona protección contra la recontaminación, por lo que es

necesario tener mucho cuidado con sus uso, manipulación y almacenamiento después de hervida (92).

Una vez hervida, el agua debe dejarse enfriar y vaciarse directamente al vaso o recipiente para su consumo. No deben introducirse recipientes dentro del agua hervida. En lo posible, consumir dentro de las 24 horas.

- **Método SODIS:** Se deja el agua a la exposición de la luz solar durante 5 horas, en una botella transparente que se dispone horizontalmente en una superficie plana.

- **Filtrar:** Existen varios tipos de filtros en el mercado adecuados según el tipo de viaje que se prevea. La mayoría de filtros se basan en cerámicas porosas, adecuados para filtrar gérmenes de contaminación fecal tales como: bacterias, quistes de protozoos, huevos de parásitos, larvas, pero pueden dejar pasar virus. Existen varios modelos.

- **Clorar:** Método clásico de potabilizar el agua. El cloro no solo es uno de los desinfectantes más efectivos para el agua potable, sino también uno de los más baratos. En agua clara, es muy eficaz contra las bacterias relacionadas con enfermedades por el agua.[84] Las dosis usuales son dos gotas de cloro al 5% por litro de agua o la dosis correspondiente de cloro en pastillas comerciales. Si no hay otra opción se puede usar 8-10 gotas de lejía casera por litro de agua. Dejar reposar 30 minutos. La cloración es eficaz contra bacterias y ciertos virus, pero no contra los parásitos y en particular las formas quísticas.

- **Yodar**. La yodación del agua es uno de los métodos clásicos para potabilizarla, aunque los niños, las embarazadas o personas que tienen enfermedades del tiroides, no pueden consumir agua yodada. Tampoco es aconsejable consumirla durante períodos prolongados. Existen diversas formas de yodar el agua: desde las tabletas comerciales (1 tableta por litro de agua que se disuelve durante 20 minutos) hasta el uso de tintura de yodo (al 2%, 4-5 gotas en 1 litro de agua y dejar reposar 30 minutos) o la Caña purificadora de agua, con una capacidad de 50 litros de agua. La yodación da mal sabor al agua lo que puede mejorarse añadiendo vitamina C.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Agua:** Es un recurso vital para el desarrollo social y económico de los países, esto debido a que un acceso a agua y saneamiento mejorados constituyen factores de relevancia para promover una mayor inclusión social y contribuir en la reducción de la pobreza.

- **Agua cruda:** Agua superficial o profunda que no ha sido tratada de ningún modo.

- **Aguas negras:** Efluentes líquidos contaminados con material fecal de origen humano y animal.

- **Agua para consumo humano:** Es aquella agua utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios, servicios sanitarios y otros menesteres domésticos; esta puede ser potable o no potable.

- **Agua potable:** Es toda agua que, empleada para la ingesta humana, no causa daño a la salud y cumple con las disposiciones de valores recomendables o máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos.

- **Aguas residuales:** Las aguas residuales son aquellas que proceden del uso doméstico o industrial. Estas aguas residuales comúnmente contienen sustancias orgánicas o inorgánicas potencialmente peligrosas, así como microorganismos patógenos.

- **Agua sin tratar:** Agua superficial o profunda que no ha sido tratada de ningún modo.

- **Aguas subterráneas:** El agua subterránea es aquella que se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la tierra; representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, los pozos son la principal forma de acceso a los depósitos de agua subterránea.

- **Agua tratada:** Corresponde al agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento que incluyen como mínimo a la desinfección.

- **Bacterias aerobias:** Se denomina aerobios a los organismos que necesitan del oxígeno diatómico para vivir o a los procesos que lo necesitan para poder desarrollarse.

- **Bacterias heterotróficas:** Abundan en el ambiente, especialmente en el agua, incluyendo agua tratada y del grifo, debido a su capacidad de adaptarse a un entorno desnutrido de sistemas de agua, las bacterias heterótrofas son capaces de vivir más tiempo que otros microorganismos en agua.

- **Calidad:** Característica de un producto o servicio que le proporcionan aptitud para satisfacer las necesidades del cliente.

- **Cloruros:** El ion cloruro Cl esto lógicamente ocurre en aguas muy salinas.

- **Coliformes totales:** Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo coliforme forman parte varios géneros: *Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter*, etc. Pueden encontrarse en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc.

- **Coliformes fecales:** Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme, son bacilos Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5ºC. La mayor especie del grupo coliforme fecal es *Escherichia coli.*

- **Conductividad:** La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad (o de la aptitud) de un material o sustancia para dejar pasar (o dejar circular) libremente la corriente eléctrica.

- **Contaminación**: Son agentes físicos, químicos y biológicos, extraña a la composición natural del producto.

- **Conocimientos:** El conocimiento es un conjunto de información almacenada mediante la experiencia o el aprendizaje (a posteriori)**,** o a través de la introspección (a priori)**.**

- **Dureza Total:** Presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones.

- **Fuentes de agua:** Las principales fuentes de abastecimiento provienen de aguas superficiales o subterráneas, además, las aguas pluviales pueden ser una fuente de buena calidad a considerar, esto si no presentan influencia de aerosoles provenientes de prácticas agrícolas extensivas.

- **Fuentes de contaminación del agua:** Escapes o fugas de sustancias químicas orgánicas y compuestos tóxicos desde rellenos sanitarios, tiraderos abandonados de desechos peligrosos y desde lagunas para almacenamiento de desechos industriales localizados por arriba o cerca de los acuíferos.

- **Pozos artesanales:** Los pozos artesanales son aquellos que se construyen por medio de picos, palas o equipo manual para excavación, son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas domésticas,

además su diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

- **Nitratos:** El ion nitrato (NO3) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco.

- **Prácticas:** La práctica es la acción de realizar y ejecutar lo que se aprendido durante las capacitaciones y la adquisición de nuevos conocimientos, la práctica depende directamente de toda la familia solo así se podrá mejorar los conocimientos.

- **pH:** Mide la concentración de los iones hidrógeno y la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa.

- **Saneamiento ambiental:** El saneamiento ambiental es el conjunto de acciones técnicas y disposiciones legales tendientes a la prevención y mejoramiento de la calidad del medio ambiente humano.

- **Sólidos disueltos totales:** Mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos).

- **Sulfatos:** El ion sulfato (SO4), corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles.

- **Tecnologías limpias** Se refieren a cualquier producto, servicio o proceso que aporta valor utilizando pocos o ningún recurso no

renovable, las cuales cubren cuatro grandes sectores transporte, energía, agua y materiales. Se definen también como una estrategia ambiental preventiva: cualquier proceso, servicio o producto, que busque reducir riesgos para la salud humana y para el ambiente.

- **Turbidez:** Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones.

- **Valor máximo admisible:** corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias a partir de la cual existe rechazo del agua por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud.

- **Valor recomendado**: corresponde a aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias que implica un riesgo virtualmente nulo o aceptable para la salud de los consumidores de agua.

2.4. BASES EPISTÉMICAS

2.4.1. Enfoque eco sistémico (enfoque participativo)

Los enfoques ecosistémicos para la salud surgieron en los años 90 y han sido utilizados para hacer frente a problemas multifactoriales en la salud (93). En esencia, estos enfoques reconocen que vivimos en un mundo complejo, y que la salud humana está directamente relacionada con

los sistemas ecológicos y sociales de los cuales formamos parte, los cuales se interconectan desde un nivel local a un nivel global, estos sistemas incluyen factores socio-económicos, culturales, biológicos y físico-químicos (94).

Para comprender mejor los factores que determinan la salud y qué medidas de intervención pueden ser eficaces y viables para disminuir los riesgos en esta, los enfoques ecosistémicos estudian problemas complejos a través de una serie de principios los cuales informan los tipos de resultados que se pueden esperar, estos son elementos de un proceso efectivo de consulta para generar conocimiento y aplicarlo en la resolución de tales problemas (95).

Estos principios incluyen: 1) combinar tanto el conocimiento científico y popular de diferentes disciplinas (transdisciplinariedad) para identificar las vías de exposición y comprender mejor contexto socio-económico del problema estudiado, 2) promover la participación de los diferentes actores sociales, 3) la incorporación de los aspectos de género y equidad, 4) van desde la investigación y conocimiento a la acción 5) sustentabilidad ambiental y evidencia para las intervenciones y 6) pensamiento sistémico (96).

2.4.2. La ley de Chick. Cinética de la desinfección

La desinfección del agua no es un proceso instantáneo, ya que se realiza a una cierta velocidad, la misma que está determinada por tres factores: el tiempo de contacto, la concentración del desinfectante y la temperatura del agua (97). Cuando los microorganismos son expuestos bajo condiciones ideales a la acción de un desinfectante, la tasa de

destrucción sigue la ley de Chick: esta establece que *y,* número de organismos destruidos en la unidad de tiempo *t* es proporcional a *N*, número de organismos remanentes, siendo N_0, el número de organismos inicial, o sea: $Dy / dt = k (N_0 – y)$. k es la constante de velocidad de reacción y tiene unidades de tiempo (98).

La ley de Chick puede tomarse como referencia para conocer el comportamiento de un determinado proceso de desinfección. Conociendo el número de microorganismos y la cantidad de ellos en un determinado tiempo, se puede determinar el valor de k; es decir, la velocidad de reacción con el desinfectante.

2.4.3. Teoría microbiana del origen de las enfermedades

La fermentación es la descomposición de un compuesto orgánico por la influencia de un fermento, como es el caso de la fermentación alcohólica, donde se desdoblan los hidratos de carbono en presencia de alcohol etílico y anhídrido carbónico por acción de una levadura. Cuando Pasteur estudió la fermentación butírica, descubrió el carácter anaerobio de los gérmenes de esta fermentación (no necesitaban oxígeno para vivir), con lo cual introdujo el concepto en bacteriología de gérmenes aerobios y anaerobios, como se acepta actualmente.

Pasteur, encontró mucha oposición a sus ideas acerca de que eran seres vivos los que estaban causando la fermentación. Reconocía a la vez la capacidad del aire de transportar gérmenes a partir del polvo de la atmósfera, logrando con un sutil experimento demostrar que el aire contiene bacterias, y que estas están vivas y pueden dar lugar a contaminación y putrefacción de diferentes sustancias. Además, se dio

cuenta de que al someterlas a la acción del calor, pierden su capacidad, posiblemente por perecer (99).

También logró demostrar que los microbios no están uniformemente diseminados en el aire, sino que hay lugares con mayor presencia de ellos y otros con casi ausencia de bacterias, como sucede en la parte alta de las montañas. Del mismo modo lanzaba la hipótesis de que muchas enfermedades eran causadas por gérmenes específicos e inició así su teoría sobre las enfermedades provocadas por gérmenes, estableciendo una conexión definitiva entre los microorganismos y la aparición de la enfermedad, lo que dio lugar a la aparición de una nueva ciencia: la bacteriología.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se tuvo en cuenta la tipología de investigación propuesta por Supo J. quien señala cuatro tipos de investigación: (100) Según las variables de interés la investigación fue de tipo descriptiva y analítica, porque se describen los resultados del análisis de laboratorio respecto al tipo de contaminante físico, químico y microbiológico del agua subterránea de pozos tubulares y los métodos de desinfección del agua que consumen las familias; según la intervención del investigador el estudio fue de tipo observacional ya que no se intervino para modificar la realidad de las variables de investigación; según la planificación de la toma de datos el estudio fue prospectivo ya que se realizó con datos planeados; y según el número de ocasiones en que se midió las variables de estudio fue transversal ya que las variables fueron medidas en una sola ocasión de forma simultánea en un momento dado.

3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño que se aplicó en esta investigación fue el No experimental, correlacional, puesto que la investigadora no realizó ningún cambio ni modificación al tipo de contaminante ni al método de desinfección del agua subterránea de pozos tubulares que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha. Según Artiles L, et al (101),

en un estudio no experimental no se intenta intervenir, ni alterar la variable de interés.

El esquema empleado fue el siguiente:

$$M_1\text{---------}O_X\text{-------}O_Y$$

Donde:

M_1 = Muestra del agua subterránea del pozo tubular en estudio.

O = Observación de las muestras de agua.

X = Contaminación física, química y microbiológica del agua.

Y = Valores límites permisibles de contaminación física, química y microbiológica del agua proporcionado por el Ministerio de Salud Perú.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La población de estudio estuvo constituida por todas las familias propietarias de pozos artesianos de agua subterránea que abastecen a los pobladores de los asentamientos humanos Agustín Cáuper Videira (7 pozos), Villacorta (1 pozo), Villa Corpac (3 pozos), Federico Basadre (5 pozos), Faustino Sánchez Carrión (8 pozos), Los Cedros de Corpac (2 pozos), Aeropuerto (1 pozo), Húsares del Perú (1 pozo), Las Alamedas (1 pozo), Aviación (1 pozo), todos ubicados en la jurisdicción del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región de Ucayali.

En cuanto al número de pozos se logró identificar un total de treinta y un (31) pozos artesianos de agua subterránea ubicados cerca a fuentes contaminantes existentes en los diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha. Dichos pozos abastecen con agua para consumo humano a un total de 158 familias distribuidas de la siguiente manera.

Tabla 4

Ubicación de los pozos de agua subterránea próximos a fuentes contaminantes del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022

AA.HH.	N° de pozos	Nro. Familias
Agustín Cáuper Videira	7	31
Villacorta	1	01
Villa Corpac	3	03
Federico Basadre	5	56
Faustino Sánchez Carrión	8	44
Los cedros de Corpac	2	10
Aeropuerto	1	10
Húsares del Perú	1	01
Las Alamedas	1	01
Aviación	1	01
TOTAL	31	158

3.3.2. Muestra

La muestra para realizar el análisis físico, químico y microbiológico se obtuvo de 31 pozos tubulares de agua subterránea ubicado cerca a fuentes contaminantes (caños naturales, letrinas, lugares donde se arroja basura, aguas residuales domésticas, proximidad a corrales de animales), y además por 31 propietarios de dichos pozos quienes aceptaron participar brindando la autorización para recoger las muestras de agua así como brindando información sobre los métodos que utilizan para desinfectar en agua, entre otros datos necesarios para la investigación.

Para conocer el tipo de método que utilizan las familias para desinfectar el agua subterránea de pozo, la muestra la conformaron 158 jefes de familia que se benefician con agua subterránea de pozos artesianos de los diez asentamientos humanos en estudio, los mismos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, durante el periodo de duración del estudio.

El tipo de muestreo que se utilizó fue el no probabilístico por conveniencia en razón a que se tuvo que seleccionar pozos que reúnan características como su ubicación cerca a fuentes superficiales de contaminación, material de construcción y formas de manejo del agua. Respecto a la muestra de familias para obtener información sobre el tipo de método de desinfección del agua que utilizan, se tuvo que seleccionar aquellas que sean consumidores de agua de los pozos seleccionados y además estén dispuestos a brindar la información requerida en la investigación.

Criterios de inclusión

- Pozos tubulares de agua subterránea ubicados cerca a fuentes de contaminación superficial.
- Pozos tubulares de agua subterránea que en los últimos 15 días anteriores al recojo de muestras para análisis de laboratorio no hayan sido tratados.
- Familias que sean beneficiarias con agua de pozos artesianos
- Familias que acepten participar voluntariamente brindando información para la investigación

Criterios de exclusión

- Los pozos tubulares de agua subterránea que hayan sido tratados 15 días antes de recoger las muestras de agua para su análisis en laboratorio.
- Los pozos tubulares de agua subterránea en los cuales los propietarios no accedan con brindar el permiso para realizar el análisis correspondiente.
- Familias que consuman agua potable o agua tratada de empresas de distribución de agua.
- Familias que vivan menos de 6 meses en el asentamiento humano objeto de estudio.

3.4. DEFINICIÓN OPERATIVA DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Los datos requeridos para dar respuesta a los objetivos de esta investigación se obtuvieron a través de los siguientes instrumentos: Guía de observación sobre las características de los pozos tubulares de agua subterránea, ficha de cotejo para análisis físico, químico y microbiológico de laboratorio. Cuestionario para valorar el tipo de métodos de desinfección del agua subterránea de pozos tubulares que utilizan las familias beneficiarias.

La Guía de observación sobre las características de los pozos tubulares de agua subterránea, permitió recolectar información sobre las

características de los pozos de agua subterránea tales como su ubicación, limpieza y conservación, profundidad, forma de extracción del agua, número de familias beneficiarias a las que atiende, entre otras.

La Ficha de cotejo para análisis de laboratorio, se utilizó para registrar la información sobre los resultados del análisis de laboratorio respecto a características físicas (color, olor, sabor, turbidez), características químicas (valor del pH, sulfatos, cloro residual) y características microbiológicas (coliformes totales y coliformes fecales), para cada una de las muestras de agua subterránea de los pozos seleccionados. Estos resultados obtenidos fueron comparados con los valores permisibles establecidos en el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano del MINSA, DS. N° 031-2010-SA.

El Cuestionario para identificar el tipo de métodos de desinfección del agua fue utilizado para obtener información mediante entrevista a los jefes de familia sobre datos generales de la familia y métodos que utilizan para desinfectar el agua proveniente de pozos de agua subterránea del cual se abastecen para su consumo, entre otros datos como riesgos para la salud.

3.4.2. Validez y confiabilidad del instrumento

Los instrumentos de recolección de datos fueron sometidos a prueba de validez de constructo y contenido y confiabilidad, los cuales se realizaron de la siguiente manera:

Prueba de validez

La validez de los instrumentos se determinó mediante la técnica del

juicio de expertos, para lo cual participarán como expertos cinco profesionales de la salud con conocimiento sobre la línea de investigación y aplicación de la metodología científica. Al realizar la prueba mediante el coeficiente de V de Aiken se alcanzó un coeficiente de 0,82, lo cual indica que los instrumentos son válidos según criterios establecidos en investigación científica.

Prueba de confiabilidad

Para obtener la confiabilidad de los instrumentos se realizó una prueba piloto utilizando 5 muestras de agua de pozos de 5 asentamientos humanos del distrito de Manantay, las cuales al ser sometidas al análisis de laboratorio resultaron no ser aptas para el consumo humano. Para identificar el tipo de desinfección del agua de pozos se entrevistó a 10 jefes de familias beneficiarias del agua de los 5 pozos seleccionados para el análisis. Al aplicar la prueba del coeficiente de Alfa de Cronbach, se logró un coeficiente de 0,78 lo cual indica que el instrumento es fiable de acuerdo a parámetros establecidos en investigación.

3.4.3. Procedimiento de recolección de datos

Para recolectar los datos la investigadora siguió el siguiente procedimiento:

Primera Fase

- **Trabajo de campo para ubicación de pozos de agua subterránea:** Mediante esta actividad se logró ubicar y seleccionar los pozos de agua subterránea que abastecen a las familias de los

asentamientos humanos en estudio. Para tal efecto se tuvo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. Una vez identificado el pozo se procedió a registrar la información requerida utilizando la Guía de observación sobre las características de los pozos de agua subterránea.

- **Toma de muestras del agua subterránea de pozos:** Para el análisis físico y químico del agua subterránea de pozos, las muestras de agua se recolectarán en frascos estériles de vidrio con tapa rosca y con capacidad de un litro. La preservación se hizo en refrigerador a 4 grados centígrados con un tiempo de almacenamiento no mayor de 48 horas.

Para el análisis microbiológico del agua de pozos subterráneos en el recojo de la muestra se tuvo en cuenta las siguientes condiciones:

- Las muestras de agua se recolectaron en frascos de vidrio de un litro de capacidad con boca ancha y estériles. El tapón y el cuello del frasco fueron protegidos con una cubierta de papel Kraft.
- El frasco recolector se mantuvo cerrado hasta el momento en que se tomó la muestra.
- Una vez elegido y localizado el lugar de donde se tomará la muestra, se procedió a quitar la tapa del frasco y una vez llenado se tapó herméticamente.
- Al terminar el llenado y cierre del frasco recolector se rotuló con los datos de la fuente de agua y se colocó en una hielera para enviarla de inmediato al laboratorio (102).

- La preservación de la muestra de agua subterránea de pozo se hizo a 4 grados centígrados con un tiempo de almacenamiento máximo de 24 horas.
- El análisis comprendió coliformes totales y coliformes fecales. La metodología se basó en el estándar methods for the exmition of wáter and weste wáter 23ava. edition.

Segunda Fase

- **Análisis de laboratorio:** En el presente trabajo de investigación los análisis del agua subterránea de pozos tubulares se llevaron a cabo en laboratorios NATURA ANALITICA S.A.C., ubicado en la avenida Sáenz Peña 503 de la provincia de Coronel Portillo, región de Ucayali, entre los meses de noviembre y diciembre del 2022.

  Para la realización del análisis físico químico y microbiológico de las muestras de agua subterránea de pozos tubulares se siguieron las técnicas de laboratorio de acuerdo a Métodos Estándar para Aguas y Aguas de Desecho (APHA 1996) y la Norma Técnica Peruana (2012) (69).

- **El Análisis bacteriológico:** Sirvió para conocer el grado y tipo de contaminación por microorganismos. Para realizar el análisis bacteriológico, las muestras fueron recolectadas en frascos de vidrio con tapa rosca estériles de un litro de capacidad. La calidad microbiológica del agua se determinó a través de la detección de coliformes totales y coliformes fecales, *Escherichia coli*, empleando la técnica del número más probable por 100 mililitros (NMP/100 ml)

de acuerdo a los métodos de la (APHA 1992) (103). Y la Norma Técnica Peruana (2012), Manual de Análisis de Agua HACH (2000), considerando como potable y apta para consumo humano un valor menor de 3 NMP/100mL.

- En el Análisis Físico se tuvo en cuenta el color, olor, sabor y turbidez de las muestras. Para determinar la temperatura se utilizó el método electrométrico. Para determinar la turbidez se utilizó un turbidímetro digital.

- El Análisis Químico sirvió para conocer el grado de contaminación derivada de agentes químicos. En el análisis químico se tuvo en cuenta lo siguiente: El valor del pH se determinó mediante un pH-metro equipado con electrodo de vidrio. La determinación de sólidos totales disueltos se realizó mediante un conductímetro digital. Los cloruros, se determinaron por titulación con nitrato de plata (AgNO3) usando como indicador cromato de potasio (K_2CrO_4). La alcalinidad se determinó por titulación con una solución valorada de un ácido fuerte como el H_2SO_4, indicados por medio de cambio de color utilizando indicadores ácidos – base adecuada.

Descripción de los procesos seguidos

- Se coordinó con el responsable de laboratorios NATURA ANALITICA S.A.C. de Pucallpa, para el análisis de las muestras de agua.
- Se coordinó con los propietarios de pozos tubulares para recolectar las muestras de agua y con los jefes de familia de los asentamientos

humanos beneficiarios de agua de pozo, para aplicar el cuestionario sobre métodos de desinfección del agua.

3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

3.5.1 Técnicas

En la investigación se hizo uso de las técnicas de observación, y entrevista.

- **La técnica de observación:** Mediante esta técnica se determinaron si la ubicación del pozo está cercano a fuentes de contaminación, profundidad, formas de manejo y conservación del agua de consumo, además de observaron las características físicas, químicas y microbiológicas de las muestras de agua de pozos subterráneos. Al respecto Ibáñez J (104), refiere que la observación "es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos".

- **La técnica de entrevista:** Mediante esta técnica se abordó a los jefes de familia beneficiarios de agua de pozos subterráneos para obtener información sobre los métodos de desinfección del agua y otras formas de cuidado del agua para consumo humano. Según Araque J (105), la entrevista "es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de

obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el problema de investigación propuesto".

3.5.2. Método

En esta investigación se hizo uso del método cuantitativo y método de laboratorio. El método cuantitativo según explica Hernández R, Fernández C, Baptista P (106), usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. En esta investigación, mediante este método, se cuantificó los valores obtenidos como resultado de los análisis físico, químico y microbiológico de las muestras de agua de pozos subterráneos de diez asentamientos humanos de Yarinacocha.

Mediante el método de laboratorio, se realizaron los análisis microbiológicos del agua de pozos subterráneos cercanos a fuentes contaminantes para saber si dichas aguas son aptas o no son aptas para el consumo humano, teniendo como referencia las metodologías propuestas por la Norma Técnica Peruana para el Análisis de Agua (107).

3.5.3. Procesamiento y presentación de datos

Los datos obtenidos en los instrumentos fueron almacenados en una base de datos, para luego proceder a su análisis e interpretación haciendo uso del programa estadístico llamado Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) versión 23. El análisis estadístico se realizó por medio de la estadística descriptiva usando la media, la desviación estándar, la varianza.

En la prueba de hipótesis se utilizó el estadístico Rho de Spearman. Esta prueba se aplica cuando una variable es cuantitativa (grado de contaminación física, química y microbiológica) y la otra cualitativa (prácticas de desinfección del agua).

Los parámetros físicos: conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos, turbidez fueron expresadas en medidas de tendencia central (Media aritmética) y de dispersión (Error estándar).

Los parámetros químicos: pH, sulfatos, nitratos, cloruros y dureza total fueron expresadas en medidas de tendencia central (Media aritmética) y de dispersión (Error estándar).

Los parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales fueron expresadas en medidas de tendencia central (Media aritmética) y de dispersión (Error estándar).

Los resultados se presentan en tablas y gráficos estadísticos para lo cual se hizo uso del programa Excel.

3.6. ASPECTOS BIOÉTICOS

En el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta los preceptos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM) y se garantizó la confidencialidad de los participantes. Se tuvo en cuenta los principios éticos: respeto a la dignidad humana, privacidad, libertad de expresión y sentimientos, confidencialidad y reciprocidad. Se solicitó el consentimiento informado para cada participante. Se garantizó que los datos solo sean utilizados con fines de investigación manteniéndose la confidencialidad de los resultados y el nombre del participante permaneció en el anonimato.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

En esta sección se presentan los resultados que dan respuesta a los objetivos de la investigación:

Tabla 5

Grado de contaminación según parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua subterránea de pozos artesianos de las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa 2022

Grado de contaminación del agua de pozo	Parámetros evaluados					
	Parámetros físicos		Parámetros químicos		Parámetros microbiológicos	
	N	%	N	%	N	%
Agua Contaminada	20	64,5	11	35,5	27	87.1
Agua No contaminada	11	35,5	20	64,5	04	12,9
Total de pozos	31	100,0	31	100,0	31	100,0

Fuente: Resultados de parámetros físicos del análisis de laboratorio de muestra de agua.

En la tabla 5, respecto al grado de contaminación y parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua subterránea de pozos artesianos, se puede observar que respecto a parámetros físicos el 64,5% de aguas de pozos están contaminadas, mientras que el 35,5% no están contaminadas. En cuanto a parámetros químicos el 64,5% de aguas de pozos no están contaminadas frente al 35,5% que sí están contaminadas. Respecto a parámetros microbiológicos el 87,1% de aguas de pozos están contaminadas con coliformes fecales, mientras que el 12,9% no están contaminadas con coliformes fecales.

Según estos resultados, podemos decir que el agua subterránea de pozos artesianos presenta altos grados de contaminación en parámetros físicos, químicos y microbiológicos, no permisibles para el consumo humano, si previamente no se realiza la adecuada desinfección según lo indicado en el Reglamento de la calidad del agua de consumo humano, D.S. Nº 031-2010-SA.

Tabla 6

Contaminación según parámetro físico, químico y microbiológico del agua y prácticas de desinfección utilizado por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022

Contaminación según Parámetros	Práctica de desinfección del agua de pozo					
	No desinfecta		Si desinfecta		Total	
	N	%	N	%	N	%
Contaminación física	20	64,5	11	35,5	31	100,0
Contaminación química	11	35,5	20	64,5	31	100,0
Contaminación microbiológica	27	87,1	04	12,9	31	100,0

Fuente: Resultados de parámetros físicos del análisis de laboratorio de muestra de agua.

En la tabla 6, sobre contaminación según parámetros físicos, químicos y microbiológicos y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos, se observa que el 64,5% de aguas de pozos artesianos presentan contaminación física (mal olor, mal sabor, turbidez, sedimentos) y no son desinfectados, mientras que el 35,5% son desinfectados. Así mismo, se observa que el 35,5% de aguas de pozos presentan contaminación química (pH, cloro residual, sulfatos) y no son desinfectados, frente al 64,5% que si desinfectan. Del mismo modo el 87,1% de aguas de pozos artesianos presentan contaminación

microbiológica (coliformes totales y fecales) y no son desinfectados, mientras que el 12,9% sí desinfectan.

Estos resultados, nos evidencian que el agua subterránea de pozos artesianos presenta altos grados de contaminación física, química y microbiológica. Además, la mayoría de familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha que se abastecen con agua subterránea de pozos artesianos no realizan la desinfección de estas aguas, lo cual pone en riesgo la salud de los beneficiarios.

Tabla 7

Parámetros físicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa - 2022

Parámetros físicos evaluados	Presencia de contaminación					
	SI		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
Percepción de mal olor	14	44,3	17	55,7	31	100,0
Percepción de mal sabor	19	62,7	12	37,3	31	100,0
Presencia de turbidez	11	35,5	20	64,5	31	100,0
Presencia de sedimentos	18	57,0	13	43,0	31	100,0

Fuente: Resultados de parámetros físicos del análisis de laboratorio de muestra de agua.

En la tabla 7, respecto a parámetros físicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos, se observa que en el 62,7% de aguas de pozos artesianos se percibe mal sabor y presencia de contaminación del agua, mientras que en el 37,3% no se percibe mal sabor y no hay presencia de contaminación. En el 57,0% hay presencia de sedimentos y presencia de contaminación del agua, mientras que en el 43,0% no hay sedimentos y no hay contaminación. En el 44,3% se percibe mal olor y no hay contaminación del agua, mientras que el 55,7% no se

percibe mal olor, pero no hay contaminación. En el 35,5% hay presencia de turbidez del agua y presencia de contaminación, mientras que en el 64,5% no se evidencia turbidez y no hay contaminación del agua.

Estos resultados, nos evidencian que según parámetros físicos el agua subterránea de pozos artesianos presenta alto grado de contaminación. Además, la mayoría de familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha no realizan la desinfección de estas aguas, teniendo en cuenta los parámetros físicos lo cual pone en riesgo la salud de los beneficiarios.

Tabla 8

Contaminación según parámetros físicos y práctica de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022

Contaminación según parámetros físicos	Prácticas de desinfección del agua de pozo					
	No desinfecta		Si desinfecta		Total	
	F	%	F	%	F	%
Contaminado	13	41,9	7	22,6	20	64,5
No contaminado	0	0,0	11	35,5	11	35,5
Total	13	41,9	18	58,1	31	100,0

Fuente: Resultados de parámetros físicos del análisis de laboratorio de muestra de agua.

En la tabla 8, respecto a contaminación según parámetros físicos y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos, se puede observar que el 64,5% de aguas de pozos artesianos presentan contaminación según parámetros físicos, de los cuales el 41,9% de familias beneficiarias no desinfectan el agua y el 22,6% si realizan desinfección. Así mismo se observa que el 35,5% de aguas de pozos artesianos no

presentan contaminación según parámetros físicos, de los cuales el 35,5% si desinfectan el agua.

Estos resultados, nos evidencian que el agua subterránea de pozos artesianos presenta alto grado de contaminación según parámetros físicos, Además, la mitad de familias que se abastecen con agua de estos pozos no realizan la desinfección de estas aguas, por lo que al ser consumidas pueden causar serios problemas en la salud de los beneficiarios.

Tabla 9

Parámetros químicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos de las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa - 2022

Parámetros químicos evaluados	Presencia de contaminación					
	SI		NO		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Potencial de hidrógeno (pH)	12	38,7	19	61,3	31	100,0
Concentración de Cloro Residual	31	100,0	0	0,0	31	100,0
Concentración de sulfatos	15	48,4	16	51,6	31	100,0

Fuente: Resultados de parámetros químicos del análisis de laboratorio de muestra de agua.

En la tabla 9, respecto a parámetros químicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos, se evidencia que el 100,0% de aguas de pozos artesianos presenta cloro residual por encima de los límites normales y presencia de contaminación. En el 48,4% hay alta concentración de sulfatos y presencia de contaminación, mientras que el 51,6% no presenta sulfatos ni contaminación. En el 38,7% el pH está fuera del límite normal y si hay contaminación, mientras que el 61,3% está dentro de la normalidad y no hay contaminación.

Según estos resultados podemos afirmar que el agua subterránea de pozos artesianos presenta altos porcentajes de contaminación según parámetros químicos así como presencia de contaminación.

Tabla 10

Contaminación según parámetros químicos y práctica de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022

Contaminación según parámetros químicos	Prácticas de desinfección del agua de pozo					
	No desinfecta		Si desinfecta		Total	
	F	**%**	**F**	**%**	**F**	**%**
Contaminado	11	35,5	2	6,5	13	41,9
No contaminado	0	0,0	18	58,1	18	58,1
Total	13	41,9	18	58,1	31	100,0

Fuente: Base de datos sobre parámetros químicos de contaminación del agua de pozo.

En la tabla 10, respecto a contaminación según parámetros químicos y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos, se puede observar que el 58,1% de aguas de pozos artesianos no presentan contaminación según parámetros químicos, de los cuales el 100,0% realizan la desinfección. Así mismo se observa que el 41,9% de aguas de pozos artesianos presentan contaminación según parámetros químicos, de los cuales el 35,5% no desinfectan y el 6,5% si desinfectan el agua.

Estos resultados, nos indican que el agua subterránea de pozos artesianos presenta altos grados de contaminación según parámetros químicos. Además, la mitad de familias que se abastecen con agua de estos pozos no realizan la desinfección del agua, convirtiéndose en fuentes causantes de problemas para la salud las familias beneficiarias.

Tabla 11

Parámetros microbiológicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos de las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa - 2022

Parámetros microbiológicos evaluados	Presencia de contaminación					
	Si		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
Coliformes totales	18	58,1	13	41,9	31	100,0
Coliformes fecales	04	12,9	27	87,1	31	100,0

Fuente: Resultados de parámetros microbiológicos del análisis de laboratorio de muestra de agua.

En la tabla 11, se presenta los resultados sobre parámetros microbiológicos y presencia de contaminación del agua subterránea de pozos artesianos, observándose que el 58,1% de aguas de pozos artesianos presenta coliformes totales por encima de los límites normales y hay presencia de contaminación, mientras que el 41,9% no presenta coliformes totales y no hay contaminación. Asimismo, el 12,9% presentan coliformes fecales y hay presencia de contaminación, mientras que el 87,1% no presentan coliformes fecales por encima de los límites normales y no hay contaminación.

Según estos resultados se puede afirmar que el agua subterránea de pozos artesianos presenta altos porcentajes de contaminación microbiológica, especialmente de coliformes fecales. Por lo tanto, estas aguas en su mayoría no son aptas para el consumo humano si no se implementan medidas de desinfección microbiológica.

Tabla 12

Contaminación según parámetros microbiológicos y práctica de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos por familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022

Contaminación microbiológica	Prácticas de desinfección del agua de pozo					
	No desinfecta		Si desinfecta		Total	
	F	%	F	%	F	%
Contaminado	12	38,7	15	48,4	27	87,1
No contaminado	01	3,2	03	9,7	04	12,9
Total	13	41,9	18	58,1	31	100,0

Fuente: Base de datos sobre parámetros químicos de contaminación del agua de pozo.

En la tabla 12, se presenta los resultados sobre contaminación según parámetros microbiológicos y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos, donde se puede observar que el 87,1% de aguas de pozos artesianos presentan contaminación según parámetros microbiológicos, de los cuales el 48,4% realizan la desinfección del agua, mientras que el 38,7% no desinfectan dicha agua. Así mismo se observa que el 12,9% de aguas de pozos artesianos no presentan contaminación según parámetros microbiológicos, de los cuales el 3,2% no desinfectan y el 9,7% si desinfecta el agua de consumo.

Estos resultados, evidencian que el agua subterránea de pozos artesianos presenta alto grado de contaminación según parámetros microbiológicos. Además, la mitad de las familias que se abastecen de agua de estos pozos no realizan la desinfección, lo cual constituye una fuente potencial para afectar la salud las familias beneficiarias.

Tabla 13

Fuentes de contaminación superficial cercanos a pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022

Fuente de contaminación	Si existe cercanía		No existe cercanía		Total	
	F	%	F	%	F	%
Charcos de agua estancada	102	64,6	56	35,4	158	100,0
Letrinas a menos de 15 metros	90	57,0	68	43,0	158	100,0
Basura a menos de 15 metros	114	72,2	44	27,9	158	100,0
Actividades económicas domésticas	151	95,6	7	4,4	158	100,0

Fuente: Cuestionario aplicado a jefes de familia que son abastecidas con agua de pozos artesianos.

En la tabla 13, respeto a las fuentes de contaminación superficial cercanas a los pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, se puede observar que el 95,6% de pozos artesianos están cercanos a actividades domésticas y económicas contaminantes, el 72,2% de pozos están ubicados a menos de 15 metros de acúmulos de basura, el 64,6% de pozos están cercanos a charcos y caños de aguas estancadas, el 57,0% de pozos están ubicados a menos de 15 metros de letrinas de pozo sépticos. Estos resultados nos demuestran que la mayoría de pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, están cercanos a fuentes superficiales de contaminación que por filtración pueden contaminar las aguas subterráneas que abastecen a los pozos artesianos.

Tabla 14

Enfermedades relacionadas con el consumo el agua de pozos artesianos durante los últimos 15 días en las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022

Enfermedades relacionadas con el consumo de agua	Frecuencia	Porcentaje
Enfermedad diarreica	91	57,6
Parasitosis intestinal	16	10,1
Heridas en la piel	15	9,5
No se enferma	36	22,8
Total	158	100,0

Fuente: Cuestionario aplicado a jefes de familia que son abastecidas con agua de pozos artesianos.

En la tabla 14, respeto a enfermedades atribuidas al consumo de agua de pozos artesianos que presentan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, se puede observar que el 22,8% de familias no presentan enfermedades, el 57,6% presentaron enfermedad diarreica en los últimos 15 días antes de aplicar la encuesta, el 10,1% reportaron presencia de parasitosis intestinal, el 9,5% señalaron enfermedades dérmicas.

Según estos resultados podemos decir que las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, presentan enfermedades que pueden ser atribuidas al consumo de agua de pozos artesianos.

Tabla 15

Métodos de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos utilizado por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa - 2022

Método de desinfección	Frecuencia	Porcentaje
No desinfecta el agua de pozo	64	40,5
Hierve el agua de pozo	47	29,7
Clora el agua de pozo	47	29,7
Total	158	100,0

Fuente: Cuestionario para valorar métodos de desinfección de agua por jefes de familia.

En la tabla 15, respeto a métodos de desinfección del agua de pozos artesianos practicado por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, se puede observar que el 40,5% de familias no desinfectan el agua de pozos artesianos que utilizan para su consumo, el 29,7% hierven el agua antes de consumirla, así mismo el 29,7% realizan la cloración del agua antes de consumirla.

Según estos resultados podemos decir que casi la mitad de las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, no desinfectan el agua de pozos artesianos antes de utilizarla para su consumo.

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para conocer si existe correlación entre el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, se hizo uso del ritual de la significancia estadística propuesta por Supo J (100), donde se considera los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Planteamiento de hipótesis (nula y alterna).
- **Paso 2:** Establecer un nivel de significancia.
- **Paso 3:** Seleccionar el estadístico de prueba.
- **Paso 4:** Lectura del p-valor.
- **Paso 5:** Toma de decisiones – interpretación.

4.2.1. Prueba de la hipótesis general

Paso 1: Formulamos la hipótesis nula (H_O) y la hipótesis alterna (H_1):

- **Ho:** No existe correlación entre el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.
- **H_1:** Existe correlación entre el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.

Paso 2: Selección del nivel de significancia

- El nivel de significancia consiste en la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (Ho). En esta investigación, para rechazar la hipótesis nula (Ho), se tuvo en cuenta un nivel de significancia de: $\alpha < 5\%$ o ($\alpha < 0.05$).

Paso 3: Elección del estadístico de prueba

- Considerando que en este estudio se tuvo una variable cuantitativa (grado de contaminación física, química y microbiológica) y otra cualitativa (prácticas de desinfección del agua) la prueba estadística para establecer la correlación entre ambas variables fue el coeficiente Rho de Spearman.
- Al realizar los cálculos correspondientes haciendo uso del paquete estadístico SPSS versión 23 para Windows se ha obtenido los resultados que se indica a continuación:

Tabla 16
Correlaciones - hipótesis general

Correlaciones

	Rho de Spearman	Contaminantes físicos	Desinfección del agua de pozo
Contaminación según parámetros físicos	Coeficiente de correlación	1,000	,630
	Sig. (bilateral)		,000
	N	31	31
Desinfección del agua de pozo	Coeficiente de correlación	,630	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	31	31
Contaminación según parámetros químicos	Rho de Spearman	Contaminantes químicos	Desinfección del agua de pozo
	Coeficiente de correlación	1,000	,550
	Sig. (bilateral)		,001
	N	31	31
Desinfección del agua de pozo	Coeficiente de correlación	,550	1,000
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	31	31
	Rho de Spearman	Contaminantes microbiológicos	Desinfección del agua de pozo
Contaminación según parámetros microbiológicos	Coeficiente de correlación	1,000	,132
	Sig. (bilateral)		,479
	N	31	31
Desinfección del agua de pozo	Coeficiente de correlación	,132	1,000
	Sig. (bilateral)	,479	
	N	31	31

Paso 4. Lectura del p-valor

- Valor de p = (p = 0,000).

Paso 5. Toma de decisiones

- Los criterios que se tuvieron en cuenta para la toma de decisiones fueron las siguientes:
- Si α > 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho). (No existe correlación)
- Si α < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho). (Si existe correlación)

Interpretación de la Hipótesis 1

- Como el valor del coeficiente de correlación Rho de Spearman es 0,630 y el nivel de significancia (Sig.) es 0,000 (α < 0.05), entonces de acuerdo con la escala de valores del coeficiente de correlación Rho de Spearman existe correlación positiva moderada entre el grado de contaminación física del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.

Interpretación de la Hipótesis 2

- Como el valor del coeficiente de correlación de Rho de Spearman es 0,873 y el nivel de significancia (Sig.) es 0,000 (α < 0.05), entonces de acuerdo con la escala de valores del coeficiente de correlación Rho de Spearman existe correlación positiva alta entre el grado de

contaminación química del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.

Interpretación de la Hipótesis 3

- Como el valor del coeficiente de correlación de Rho de Spearman es 0,132 y el nivel de significancia (Sig.) es 0,479 ($\alpha > 0.05$), entonces no existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.

4.2.2. Prueba de la hipótesis específica 1

- **Ho:** No existe correlación entre el grado de contaminación física, del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.
- **H_1:** Existe correlación entre el grado de contaminación física, del agua de pozos subterráneos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.

Paso 2. Selección del nivel de significancia

- El nivel de significancia consiste en la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (Ho). En esta investigación, para rechazar la hipótesis

nula (Ho), se tuvo en cuenta un nivel de significancia de: α < 5% o (α < 0.05).

Paso 3. Elección del estadístico de prueba

- Para establecer la correlación entre la variable grado de contaminación física, y prácticas de desinfección del agua se hizo uso del coeficiente Rho de Spearman.
- Al realizar los cálculos correspondientes haciendo uso del paquete estadístico SPSS versión 23 para Windows se ha obtenido los resultados que se indica a continuación:

Tabla 17

***Correlaciones* - Hipótesis específica 1**

Correlaciones			
Rho de Spearman		Contaminación según parámetros físicos	Desinfección del agua de pozo
Contaminación según parámetros físicos	Coeficiente de correlación	1,000	,630**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	31	31
Desinfección del agua de pozo	Coeficiente de correlación	,630**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	
N	N	31	31

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Paso 4. Lectura del p-valor:

- Valor de p = (p = 0,000).

Paso 5. Toma de decisiones

- Los criterios que se tuvieron en cuenta para la toma de decisiones fueron las siguientes:

- Si α > 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho). (No existe correlación)
- Si α < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho). (Si existe correlación)

Interpretación de la Hipótesis 1

- Como el valor del coeficiente de correlación de Rho de Spearman es 0,630 y el nivel de significancia (Sig.) es 0,000 (α < 0.05), entonces de acuerdo con la escala de valores del coeficiente de correlación Rho de Spearman existe correlación positiva moderada entre el grado de contaminación física del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa-2022.

4.2.3. Prueba de la hipótesis específica 2

- **Ho:** No existe correlación entre el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.
- **H_1:** Existe correlación entre el grado de contaminación química del agua de pozos subterráneos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

Paso 2. Selección del nivel de significancia

- El nivel de significancia consiste en la probabilidad de rechazar la

hipótesis nula (Ho). En esta investigación, para rechazar la hipótesis nula (Ho), se tuvo en cuenta un nivel de significancia de: $\alpha < 5\%$ o ($\alpha < 0.05$).

Paso 3. Elección del estadístico de prueba

- Para establecer la correlación entre la variable grado de contaminación química y prácticas de desinfección del agua se hizo uso del coeficiente Rho de Spearman.
- Al realizar los cálculos correspondientes haciendo uso del paquete estadístico SPSS versión 23 para Windows se ha obtenido los resultados que se indica a continuación:

Tabla 18

Correlaciones - Hipótesis específica 2

Correlaciones

		Contaminación según parámetros químicos	Desinfección del agua de pozo
Contaminación según parámetros químicos	Rho de Spearman: Coeficiente de correlación	1,000	,873**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	31	31
Desinfección del agua de pozo	Coeficiente de correlación	,873**	1,000
	Sig.(bilateral)	,000	
	N	31	31

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Paso 4. Lectura del p-valor

- Valor de p = (p = 0,000)

Paso 5. Toma de decisiones

- Los criterios que se tuvieron en cuenta para la toma de decisiones fueron las siguientes:
- Si α > 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho). (No existe correlación)
- Si α < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho). (Si existe correlación)

Interpretación de la Hipótesis 2

Como el valor del coeficiente de correlación de Rho de Spearman es 0,873 y el nivel de significancia (Sig.) es 0,000 (α < 0.05), entonces de acuerdo con la escala de valores del coeficiente de correlación Rho de Spearman existe correlación positiva alta entre el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

4.2.4. Prueba de la hipótesis específica 3

- **Ho:** No existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.
- **H_1:** Existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

Paso 2. Selección del nivel de significancia

- El nivel de significancia consiste en la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (Ho). En esta investigación, para rechazar la hipótesis nula (Ho), se tuvo en cuenta un nivel de significancia de: $\alpha < 5\%$ o ($\alpha < 0.05$).

Paso 3. Elección del estadístico de prueba

- Para establecer la correlación entre la variable grado de contaminación microbiológica y prácticas de desinfección del agua se hizo uso del coeficiente Rho de Spearman.
- Al realizar los cálculos correspondientes haciendo uso del paquete estadístico SPSS versión 23 para Windows se ha obtenido los resultados que se indica a continuación:

Tabla 19

Correlaciones – Hipótesis específica 3

Rho de Spearman		Contaminación según parámetros microbiológicos	Desinfección del agua de pozo
Contaminación según parámetros microbiológicos	Coeficiente de correlación	1,000	,132
	Sig.(bilateral)		,479
	N	31	31
Desinfección del agua de pozo	Coeficiente de correlación	,132	1,000
	Sig. (bilateral)	,479	
	N	31	31

Paso 4. Lectura del p-valor

- Valor de p = (p = 0,479).

Paso 5. Toma de decisiones

- Los criterios que se tuvieron en cuenta para la toma de decisiones fueron las siguientes:
- Si α > 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho). (No existe correlación)
- Si α < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho). (Si existe correlación)

Interpretación de la Hipótesis 3

- Como el valor del coeficiente de correlación de Rho de Spearman es 0,132 y el nivel de significancia (Sig) es 0,479 (α > 0.05), entonces no existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, Pucallpa - 2022.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El agua dulce constituye uno de los recursos más importantes, pero a la vez escasos para el consumo humano en todo el mundo, en el Perú, la región Ucayali y sus asentamientos humanos no son la excepción, puesto que muchas familias se ven obligadas a consumir agua de fuentes subterráneas mediante la construcción de pozos artesianos, cuya calidad, en muchos casos no son aptos para el consumo humano poniendo en riesgo la salud de los beneficiarios.

Los pozos artesianos según Piguave J. et al (108) se alimentan de agua subterránea, sin embargo, ante la presencia de letrinas de fosas sépticas, aguas servidas estancadas, acúmulos de basura, pueden contaminarse con agentes microbiológicos, físicos y químicos, los cuales, al infiltrarse debido a precipitaciones pluviales, predispone al consumo de agua contaminada, siendo necesario realizar estudios que permitan conocer la calidad de estas aguas. El agua de lluvia en su tránsito hacia el subsuelo disuelve minerales hasta su acumulación en capas llamadas acuíferos, sin embargo, no se sabe qué minerales y/o elementos químicos fueron capaces de ser lixiviados o disueltos por el agua y si estos elementos son o no dañinos para nuestra salud.

Según la Organización Mundial de la Salud (109), las aguas subterráneas de acuíferos profundos y confinados son habitualmente inocuas desde el punto de vista microbiológico y químicamente estable si no existe contaminación directa; aunque siempre es preferible la

desinfección como barrera de seguridad para prevenir contaminación durante el manejo del agua.

Esta investigación se realizó en diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región de Ucayali, donde debido a la carencia de agua potable muchas familias han recurrido a construir pozos artesianos de fuentes de agua subterránea, las cuales abastecen con agua a la población que lo requiera. Para tal efecto se ha logrado identificar un total de 31 pozos artesianos cuya característica principal fue estar ubicado cerca a fuentes superficiales de contaminación (letrinas, charcos de aguas servidas estancadas, acúmulo de basura). Asimismo, se logró identificar a 158 familias beneficiarias con agua de estos pozos, a quienes se les aplicó un cuestionario para conocer si practican métodos de desinfección del agua antes de consumirla.

Al concluir la investigación se logró identificar que el 95,6% de pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, están cercanos a fuentes superficiales de contaminación, las cuales debido a filtración pueden contaminar las aguas subterráneas que abastecen a los pozos artesianos. Asimismo, se ha logrado evidenciar que el 40,5% de familias no desinfectan el agua de pozos artesianos antes de consumirla, mientras que una tercera parte hierve o clora el agua antes de consumirla. Esta forma de consumir agua sin tratar como lo mencionan Chávez M, et al. (110), es una costumbre intrínseca en poblaciones urbano marginales y rurales, esta situación puede ser por falta de conocimiento sobre las consecuencias para la salud, o bien por falta de criterio. Otro aspecto a considerar señalado por Garrido DL (1), es la falta de criterio de las familias para la ubicación y

diseño de los pozos, así como la escasa o nula educación sanitaria para su adecuado mantenimiento. Por lo tanto, es necesario conocer sus características físico-químico-biológicas para poder definir el tipo de uso y tratamientos que se le pudiera dar.

Respecto al objetivo general de esta investigación: Determinar el grado de contaminación física, química y microbiológica y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, después del análisis de laboratorio, en concordancia con la norma peruana de calidad de agua para consumo humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA, donde se señala que toda agua inocua (apta para consumo humano) no deberá exceder los límites máximos permisibles para cualquier parámetro, se encontró que el 64,5% de agua subterránea de pozos artesianos presenta contaminación física, el 35,5% están contaminadas químicamente y el 87,1% presentan contaminación microbiológica constituida por coliformes fecales (Tabla 5). Además, el 41,9% de familias que se abastecen con agua de estos pozos, no practican ningún método de desinfección, lo cual pone en riesgo la salud de los beneficiarios. (Tabla 10)

Al aplicar la prueba de hipótesis, se encontró que con una Sig. bilateral de 0,000 ($\alpha < 0.05$) y un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0,630 existe correlación positiva moderada entre el grado de contaminación física del agua de pozos y las prácticas de desinfección del agua. Con una Sig. bilateral de 0,000 y un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0,873 existe correlación positiva alta entre el grado de contaminación química del agua de pozos y las prácticas de desinfección

del agua. Con una Sig. bilateral de 0,479 y un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0,132 no existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha.

Al comparar los resultados de esta investigación con resultados obtenidos por otros investigadores encontramos similitud lo reportado por Rendón MM (34), quien en Ecuador, al medir 14 parámetros indicadores de calidad del agua de pozos encontró que están fuera de los límites permisibles para contaminación física como la presencia de sólidos totales disueltos, dureza, contaminación química por pH, nitrato, salinidad, fluoruros, hierro, cobre, cadmio y contaminación microbiológica como coliformes totales y coliformes fecales. Almanza OG (22), en Bolivia, encontró que la calidad del agua de pozos se encuentra fuera de los límites permisibles para contaminantes químicos, coliformes totales y coliformes fecales. Araujo R y Benito H (28), en Huancavelica, encontró que aguas de pozo presentan microorganismos patógenos que superan los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para el consumo humano, Decreto Supremo N° 0312010-SA. Valenzuela RN, Yucra Y (43), en Puno según parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea de pozo como color, turbidez, pH, conductividad, cloruros, sulfatos, dureza total, metales totales y coliformes totales. no se encontraron dentro de los límites máximos permisibles, en consecuencia, el agua no es apta para consumo humano.

Al comparar los resultados respecto a prácticas de desinfección del agua de pozos de agua subterránea, García AC (30), en Ecuador, encontró

que el 90% de familias consume agua sin tratar, el 75% de familias desconoce los diferentes métodos de purificación del agua. El 70% no practica ningún método de purificación. Del mismo modo, Matamoros A, Toro Y (32), en Huancavelica encontraron que el 94,1% de las personas desconocen sobre desinfección del agua para el consumo.

En cuanto al primer objetivo específico de la investigación: Determinar el grado de contaminación física y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, se encontró presencia de mal olor (44,3%), mal sabor (62,7%), presencia de turbidez (35,5%), presencia de sedimentos (57,0%). El 41,9% no desinfectan el agua. Según estos resultados se ha logrado identificar que el agua subterránea de pozos artesianos presenta alto grado de contaminación física. Además, la mitad de familias beneficiarias no realizan la desinfección de estas aguas, lo cual pone en riesgo la salud de los beneficiarios. (Tabla 8)

Al realizar la prueba de hipótesis, se encontró que con una Sig. bilateral de 0,000 ($\alpha < 0.05$) y un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0,630 existe correlación positiva moderada entre el grado de contaminación física del agua de pozos y las prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha.

Estudios que tienen similitud don los resultados de esta investigación presentan Carrera TI y Estribí MC (37), quienes, en Honduras, al evaluar la calidad del agua subterránea de 24 pozos según parámetros físicos como sólidos totales disueltos, turbidez, color, dureza, concluyen que no son aptas para el consumo humano. Robles E et al (38), en México,

determinaron resultados de turbidez, sólidos totales disueltos, dureza total, no permisibles para el consumo humano. Gonzales W, et al (46), en Huancavelica respecto a parámetros físicos como la turbidez, total de sólidos disueltos, ha superado el valor límite permitido por la normativa peruana.

Sin embargo, resultados diferentes reportan Caro JA y Arroyo JA (42), en Iquitos, al señalar que los parámetros fisicoquímicos como temperatura, turbidez, color, conductividad, sólidos totales disueltos, cloruros, dureza total, nitratos y sulfatos de los pozos, cumple con los LMP según el DS N° 031-2010-SA. Cava T y Ramos FE (50), en Lambayeque concluyen que los parámetros físicos como dureza total, turbidez, color, están dentro de los límites para consumo humano. Dávila DV, Inuma DE (51), en Callería al evaluar las características físicas del agua de pozos como turbiedad, temperatura, conductividad, solidos disueltos totales, encuentran que están dentro del rango aceptable según el D.S. N°031-2010-S. A, a excepción del color. En cuanto a prácticas de desinfección del agua el 75% de la población de los Olivos y el 64% en los 4 Suyos hierven el agua como medida de prevención.

Respecto al segundo objetivo específico de la investigación: Determinar el grado de contaminación química y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, se encontró Potencial de hidrógeno (pH) (38,7%), concentración de sulfatos (48,4%), presencia cloro residual (100,0%). El 41,9% no desinfectan el agua. Según estos resultados se ha logrado evidenciar que el agua subterránea de pozos artesianos presenta alto grado de contaminación química. Además, la

mitad de familias beneficiarias no realizan la desinfección de estas aguas, convirtiéndose en fuentes causantes de problemas para la salud de las familias beneficiarias. (Tabla 10)

Al realizar la prueba de hipótesis, se encontró que con una Sig. bilateral de 0,000 ($\alpha < 0.05$) y un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0,873 existe correlación positiva alta entre el grado de contaminación química del agua de pozos y prácticas de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha.

Al comparar esto resultados con otros estudios se encontró similitud con los resultados obtenidos por León L, et al (33), en Cuba quienes encontraron parámetros químicos del agua de pozos como hidrogeno carbonato, nitrato, nitrito que están fuera de los índices establecidos por lo que no son aptas como agua potable. Calsín KV (49), en Puno, al realizar el análisis de parámetros químicos del agua de pozos muestran que el pH total, la concentración de sulfatos, la concentración de nitratos, el cloruro total, excedieron los LMP, por lo tanto, el agua de pozos artesanales no es apta para el consumo humano. Cava T, Ramos FE (50), en Lambayeque encontraron que los parámetros químicos sobrepasan los límites permisibles en: cloruros, magnesio, conductividad eléctrica, solidos totales disueltos, sulfatos, cloro residual, coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Por su parte, Guimaraes LX (52), en Callería encontraron resultados diferentes a demostraron que los valores de parámetros químicos, cumplen con los valores de los límites máximos permisibles. En cuanto a prácticas de desinfección del agua, resultados diferentes reportan Dávila DV, Inuma

DE (51), al señalar que el 75% de la población de los Olivos y el 64% en los 4 Suyos hierven el agua como medida de prevención.

En cuanto al tercer objetivo específico de la investigación: Determinar el grado de contaminación microbiológica y prácticas de desinfección del agua subterránea de pozos artesianos que utilizan las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha, se encontró que los parámetros evaluados coliformes totales (58,1%) y coliformes termotolerantes o fecales (87,1%) indican la presencia de patógenos. El 41,9% no desinfectan el agua (Tabla 12). Después del análisis de laboratorio se evidencia que el agua subterránea de pozos artesianos presenta alto grado de contaminación microbiológica. Además, la mitad de familias beneficiarias no realizan la desinfección, lo cual constituye una fuente potencial para afectar la salud las familias beneficiarias. (Tabla 12).

Al realizar la prueba de hipótesis, se encontró que con una Sig. Bilateral de 0,479 ($\alpha > 0.05$), y un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0,132, no existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha

Resultados similares a los obtenidos en esta investigación encontraron Villasis SE y Moposita AD (23), en Ecuador, al señalar que el 100% de agua de los hogares analizados se encuentran contaminadas por coliformes fecales. Hernández JH y Gil M (25), en Guatemala, señala que de 30 pozos analizados el 87% presentaron valores por arriba del valor mínimo permitido (<NMP/100 ml) para coliformes totales y el 77% no

cumplen con la norma para coliformes fecales. Bastidas LM (40), en Chile, al analizar 157 muestras de agua de pozos-noria, los análisis microbiológicos mostraron que el 92,4% de las muestras presentó contaminación con coliformes totales, el 59,2% con coliformes fecales y el 58,6% con *E. coli*, lo que hace que la gran mayoría de estas aguas no estén aptas para el consumo humano. sin embargo, no se determinó que existiera asociación estadística entre estos factores y la contaminación que se encontró en las muestras. Elías JW, et al (44), en Trujillo al evaluar la calidad de agua de los pozos encontraron que el promedio de coliformes totales y termotolerantes o fecales sobrepasan los límites máximos permisibles, por lo cual no son aptas para su consumo. Chávez DL y Torres V (111), en Iquitos al evaluar la calidad bacteriológica en un total de 10 pozos artesianos encontraron que 4 pozos no reportaron presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes o fecales, mientras que 6 pozos sobrepasaron los límites máximos permisibles.

Marchand E (112) indica que la presencia de coliformes termotolerantes o fecales se debe a muchos factores del entorno, principalmente a la falta de mantenimiento, limpieza y desinfección de los sistemas de distribución y almacenamiento de agua.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en la investigación, se concluye lo siguiente:

- El agua subterránea de pozos artesianos en su mayoría presenta altos grados de contaminación física, química y microbiológica, no aptas para el consumo humano, según parámetros establecidos en el Reglamento de la calidad del agua de consumo humano, D.S. Nº 031-2010-SA. Además, la mitad de beneficiarios no realizan la desinfección de estas aguas, lo cual pone en riesgo la salud de los beneficiarios.

- El agua subterránea de pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha presenta alto grado de contaminación física en parámetros como mal sabor, mal olor, presencia de turbidez, presencia de sedimentos. Además, la mitad de los beneficiarios no realizan la desinfección de estas aguas. Existe correlación positiva moderada entre el grado de contaminación física del agua de pozos y las prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha.

- El agua subterránea de pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha presenta alto grado de contaminación química en parámetros como presenta cloro residual, potencial de hidrógeno (pH), concentración de sulfatos. Además, la mitad de los beneficiarios no realizan la desinfección de estas aguas. Existe correlación positiva alta entre el grado de contaminación química del agua de pozos y las prácticas de desinfección

del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha.

- El agua subterránea de pozos artesianos que abastecen con agua a las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha presenta alto grado de contaminación microbiológica en parámetros de coliformes totales y coliformes fecales. Asimismo, la mitad de los beneficiarios no realizan la desinfección de estas aguas. No existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha.

SUGERENCIAS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se sugiere lo siguiente:

- A los dueños o propietarios de pozos artesianos de los asentamientos humanos de Yarinacocha, se recomienda minimizar y evitar las fuentes de contaminación externa cercanas a las fuentes de agua subterránea que consumen las familias beneficiarias.

- A las familias beneficiarias de agua subterránea de pozos artesianos, se recomienda que realicen prácticas de almacenamiento, manipulación y desinfección del agua antes de consumirla para evitar problemas de salud gastrointestinales.

- A la Dirección de Salud Ambiental de la DIRESA, se recomienda implementar acciones permanentes de análisis físico, químico y microbiológica del agua subterránea de pozos artesianos para identificar el grado de contaminación del agua y determinar si son aptas para el consumo humano.

- A la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Ucayali, Escuela de Enfermería, se sugiere implementar campañas de educación sanitaria promocionando los métodos de desinfección del agua antes de consumirla en los asentamientos humanos del distrito de Yarinacocha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garrido DL. Índice de calidad del agua en pozos artesianos en una zona carente de drenaje. Tesis de Maestría Universidad Veracruzana. [Internet]. 2021. Disponible en: https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50569/GarridoDelValleDiana.pdf?s equence=3&isAllowed=y
2. Del Razo LM, Ledón JM, Velasco MN. Hacia el cumplimiento del Derecho Humano al Agua. Instituto de Geofísica, 2021.
3. Salcedo E, Garrido S, Martínez VE. Evaluación de la calidad del agua subterránea mediante la utilización del índice CCMEWQI, en el acuífero del Valle de Puebla. Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias. 2015.
4. Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. 2015.
5. Consejo Nacional del Agua (CONAGUA). Calidad del agua (RENAMECA). 2020.
6. Castillo DE, Tuesta L, Salazar SE. Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por covid-19 en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales**,** 10 mayo 2022. 24 (2), Venezuela. (Pp. 219-234).
7. Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA. Lima, Perú: MINSA. 2011.
8. Campos C. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Capítulo 20: Indicadores de

contaminación fecal en aguas. Red iberoamericana de potabilización y depuración de agua. Buenos Aires. 2003.

9. Perdomo CH, Casanova ON, Ciganda VS. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coniformes en el litoral sudoeste de Uruguay. Agrociencia. 2001.
10. Jiménez Y, Vidal VM, González R, Valdés LA, & Castro M. Potencial de carga contaminante en sector hidrogeológico de la provincia Ciego de Ávila. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. 2016;*37*(2):79-93.
11. Caballero F. Aguas subterráneas, esenciales para el futuro hídrico. El Ágora diario del agua. 2022.
12. Aurazo M. Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2004, 103.
13. Foster SR, Hirata R, Gómez D, D'Elia M, Paris M. Protección de la calidad del agua subterránea. Guías para empresas del agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Ed. Mundi-Prensa Libros S.A. 2007.
14. Henry JG, Heinke GW. Ingeniería Ambiental. Ed. Prentice Hall. México. 1999.
15. Gómez M, Ramírez RJ. Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas en la heroica ciudad de Huajuapan de León, Oaxaca. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Temas de Ciencia y Tecnología. 2007 Dic. 11(33):23 – 28.
16. Organización Panamericana de la Salud OPS. Agua, nuestro planeta y nuestra salud. Informe de la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 1993.

17. Gil P, Herrera K. Monitoreo de Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli* en siete Microcuencas del Lago de Amatitlán: Chanquín, Universidad San Carlos de Guatemala. 2001. 16(1):62p.
18. Ángeles JM. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua potable de la ciudad de Iquitos. Tesis. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos – Perú. 2000.
19. Larrea JA, Rojas MM, Romeu B, Rojas NM, Heydrich M. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC. Ciencias Biológicas. 2013; 44(3):24-34.
20. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Ed. Organización Mundial de la Salud. 1995; Recomendaciones. vol. 1, 200 p.
21. Ministerio de Salud. Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010.
22. Almanza OG. Índices de calidad del agua y vulnerabilidad acuífera de un sistema hidrogeológico: caso valle de San Luis Potosí. San Luis Potosí, 2015.
23. Villasis SE, Moposita AD. Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia del Cantón Ambato en el período diciembre 2014 mayo 2015. Tesis de titulación. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2015.
24. Monteverde M, Cipponeri M, Angelaccio C, Gianuzzi L. Origen y calidad del agua para consumo humano: salud de la población residente en el área de la cuenca Matanza-Riachuelo del Gran Buenos Aires. Salud colectiva. 2013 9(1): 53-63.

25. Hernández JH, Gil M. Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula. Universidad de San Carlos de Guatemala. Octubre 2012.

26. Valenzuela M. Contaminación fecal de aguas subterráneas en una pequeña cuenca rural de secano en Chile central**.** chileno J. Agric. Res. 2009, 69(2):235-243.

27. Arévalo H, Chong A. Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor la Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín – Perú. Tesis de maestría. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto; 2010.

28. Araujo R, Benito H. Nivel de contaminación microbiológica en agua de consumo humano en el sector Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica – 2017. Tesis. Universidad Nacional de Huancavelica. 2017.

29. Zegarra AT. Dispersión de contaminantes biológicos en las aguas subterráneas de la zona sur de la ciudad de Juliaca – 2017.

30. García AC. Proyecto educativo sobre consumo de agua segura dirigido a las familias de la comunidad Los Tillales parroquia Sucre, cantón 24 de mayo. Provincia Manabí. 2011. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2011.

31. Morales MM, Villagómez ND. Enfermedades prevalentes relacionadas con la calidad de agua que utilizan para el consumo humano, los pobladores de la comunidad la Calera, Cantón; 2012 a 2013.

32. Matamoros A, Toro Y. Programa educativo “agua segura” en el conocimiento sobre el consumo de agua en la comunidad de Callqui Chico, Huancavelica – 2017.

33. León L, Arada MÁ, Blázquez M, Segura E. Evaluación de la calidad del agua del pozo de la comunidad “Soledad” del Municipio II Frente, Santiago de Cuba. Afinidad. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry, 2022, Vol. 79, Num. 596.

34. Rendón MM. Evaluación comparativa de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad de Balsa en Medio. 2019. Calceta: ESPAM MFL

35. Faviel E, Infante D, Molina DO. Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la Encrucijada, Chiapas, México. Rev. Int. Contam. Ambient. 2019, 35(2): 317-334.

36. Gil-Marín JA, Vizcaino C, Veliz CE. Evaluación de la calidad del agua subterránea utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de Estudio: Acuíferos de Maturín, Estado Monagas, Venezuela. 2019 Nov.

37. Carrera TI, Estribí MC. Evaluación del agua subterránea en puntos de captura y consumo en cinco municipios del oriente de Honduras. 2013.

38. Robles E, Ramirez E, Durán A, Martinez M, Gonzales M. Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos México, 2013. 4(1) 19 – 18.

39. Ortiz TI, Ortiz JE, Pérez P. Nivel de concentración de bacterias coliformes fecales y totales en agua de pozos de abastecimiento público de la ciudad de Ñemby, Paraguay, 2011.

40. Bastidas LM. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia. Tesis. Universidad Austral de Chile. Chile-2009.

41. García AC. Proyecto educativo sobre consumo de agua segura dirigido a las familias de la comunidad Los Tillales parroquia Sucre, cantón 24 de

mayo. Provincia Manabí. 2011. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2011.

42. Caro JA, Arroyo JA. Calidad de las aguas de pozos artesianos del caserío de Santo Tomas del distrito de San Juan Bautista. UNAP. Iquitos 2021.
43. Valenzuela RN, Yucra Y. Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías. 2021 Dic 3(4):67-72.
44. Elías JW, Gutiérrez BN, Narváez WR, Chávez SC. Evaluación de la calidad de agua de los pozos sector Porvenir la Caña, Distrito de Virú y su ulterior potabilización. Sendas. 2022 Ene–Mar. 3(1):65-94.
45. Tacuri R. Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018. Tesis de maestría. Universidad Nacional de San Agustín. 2019.
46. Gonzales W, Acharte LM, Poma JC, Sánchez VG, Quispe FA, Meseguer R. Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales alto andinas de Huancavelica-Perú. Rev. investig. Altoandin. 2023 Ene. 25(1): 23-31.
47. Zegarra AT. Dispersión de contaminantes biológicos en las aguas subterráneas de la zona sur de la ciudad de Juliaca - 2017 [Tesis]. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez; 2018.
48. Hernández C. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. 2016. Universidad Nacional Cayetano Heredia; 2016.
49. Calsín KV. Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca,

Puno - 2016. [Tesis]. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú, 2016.

50. Cava T, Ramos FE. Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento. [Tesis]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque –Perú. 2016.
51. Dávila DV, Inuma DE. Evaluación de las características del agua para consumo humano, en pozos tubulares y su incidencia en la salud, en los asentamientos humanos Los Olivos y Los 4 Suyos, distrito de Callería, departamento Ucayali, 2018.
52. Guimaraes LX. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el Asentamiento Humano San Isidro, Callería-Ucayali, 2020.
53. Villagra KS. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas de consumo humano en la asociación bien del futuro y el caserío La Nueva Unión en el distrito de Coronel Portillo – Ucayali. 2017.
54. Ordoñez J. Aguas subterráneas – Acuíferos. Cartilla Técnica. Editado por Sociedad Geográfica de Lima – Perú. 2011.
55. Dirección de Ingeniería Sanitaria. Manual de Saneamiento de agua, vivienda y desechos. Editorial Limusa, México:1986.
56. Organización Mundial de la Salud (OMS). “Guías para la calidad del agua potable”. Tercera Edición. 2006.
57. Bastidas LM. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia. Universidad Austral de Chile. 2009.
58. Prieto CJ. El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Ecoe Ediciones, Bogotá, 2004.

59. Enciclopedia Universal. Pozo artesiano. 2012.

60. Chirinos A, Dacosta N, Gonzales G, Medina G, Rodríguez A. Pozos hídricos. Enero 2017.

61. Organización Panamericana de la Salud. Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales. OPS/CEPIS. Lima 2004.

62. Lampoglia T, Agüero R, Barrios C. Orientaciones sobre Agua y Saneamiento para Zonas Rurales. Asociación Servicios Educativos Rurales. OMS- OPS - CEPIS. 2008.55p.

63. Environmental Protection Agency, (EPA). Private Drinking Water Wells. 2011.

64. Contaminación de las aguas subterráneas. Fuentes potenciales de contaminación.

65. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Calidad del Agua Potable en Costa Rica: Situación actual y perspectiva. 2003.

66. Arcos MP, Ávila SL, Estupiñán SM, Gómez AC. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova. 15 de diciembre de 2005.

67. Borrego J, Moriñigo MA, De Vicente A, Cómax R, Romero P. Coliphages as an indicator of faecal pollution in water. Its relationship with indicator and pathogenic microorganisms. Water. Research. 1987. 21, 14731480.

68. Madigan M. Martinko J. Parker J. Biología de los Microorganismos 10° edición. Editorial Pearson. Educación. S.A. España. 2004.

69. Norma Técnica Peruana. Calidad de agua: muestreo, preservación y manipulación de muestras. 2012.

70. Bolows A. Manual of Clinical Microbiology. 5. ed. Washington, DC: American Society for Microbiology, 1991.

71. Norma Técnica Peruana. Calidad de agua: muestreo, preservación y manipulación de muestras. 2012.

72. Cabelli VJ, Dufour AP, McCabe LJ, Levin M. Un criterio de calidad de aguas marinas recreativas consistente con los conceptos de indicadores y análisis de riesgo. Revista de la Federación de Control de la Contaminación del Agua. 1983; 55(10):1306-1314.

73. Galarraga E. Algunos Aspectos relacionados con microorganismos en agua potable. Revista Politécnica de información técnica científica. Vol. 1, 1984. 135-43.

74. Ordoñez M. Determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para evaluar la calidad del agua en el Municipio de Palín para consumo humano y su uso en los procesos de la industria de esta área. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería. 1992.

75. Tebbutt T. Fundamentos de Control de la Calidad del Agua. 2. ed. México, DF: Limusa, 1999.

76. Castillo G. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. IDRC/IMTA 2004.

77. García M. Evaluación de la calidad del agua del Río Pinula. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 2008.

78. Granel E, Gález L. Deterioro de la calidad de agua subterránea por el desarrollo poblacional: Cancún, Q. Roo. Ingeniería. 2002;6(3):41-53.

79. American Public Health Association (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Washington DC. 2005.

80. Severiche C, González U. Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. Aguas de Cartagena SA ESP Ing. USB Med, 2012; Vol. 3, No. 2, Julio-Diciembre 2012.

81. Muñoz H, Armienta MA, Vera A, Ceniceros N. Nitrato en el agua subterránea del Valle de Huamantla, Tlaxcala, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2004;20(3):91-97.

82. Sawyer CN, McCarty PL, Parkin GN. Química para Ingeniería Ambiental. Editorial McGraw Hill, cuarta edición. 2000.

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

84. Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías para la calidad del agua potable. OMS. Ginebra. 2004.

85. Bordner R. Microbiological Methods for Monitoring the Enviroment Water and Wastes. United States. 1987.

86. Estrada W. Relación entre la presencia de colifagos y *Escherichia coli* en diferentes fuentes de agua de la ciudad capital y análisis por asociación de la contaminación viral de las mismas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2001.

87. Cano F. Técnicas Básicas para el Examen Bacteriológico de Agua para Consumo humano Guatemala: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Doc. Técnico. 1997.

88. Perez H. Acciones desinfectantes en la potabilización del agua en pequeñas comunidades. 2008.

89. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. vol. 1. Recomendaciones. vol. 1, 2a ed. Organización Mundial de la Salud. 1995.

90. Carranza R. Medio ambiente problemas y soluciones. Lima: Editorial Universidad Nacional del Callao. 2001.

91. Reiff F, Witt V. Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y El Caribe. Manual de desinfección. Washington D.C. US. 1995.

92. Tarrago N. Alternativas de desinfección del agua.

93. Webb JC, Mergler D, Parkes MW, Saint-Charles J, Spiegel J, Waltner D, Yassi A, Woollard RF. Tools for thoughtful action: the role of ecosystem approaches to health in enhancing public health. Can J Public Health. 2010 101(6):439-41.

94. Toews D, Kay J. The evolution of an ecosystem approach: The diamond schematic and an adaptive methodology for ecosystem sustainability and health. Ecology and Society. 2005 10 (1): 38.

95. Charron D. La Investigación de Eco salud en la Práctica: Aplicaciones innovadoras de un enfoque ecosistémico para la salud. Madrid, ES. International Development Research Center. 2014. 392 p.

96. Mertens F, Saint J, Mergle D, Passos CJ, Lucotte M. Network approach for analyzing and promoting equity in participatory ecohealth research. EcoHealth. 2005 2:113-126.

97. Romero HA. Calidad del agua. Editorial Escuela Colombiana de ingeniería. Colombia. 2008.

98. Barrero E, Ghislieri D. Eliminación de microorganismos desinfección.

99. Jaramillo J. Teoría microbiana del origen de las enfermedades Lo humano de los genios. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica; 2003. p. 210-3.

100. Supo J. Seminarios de Investigación Científica. Sinopsis del libro 2012.

101. Artiles L, Otero J, Barrios I. Metodología de la Investigación para Ciencias de la Salud Cuba: Ecimed; 2008. 186 p.

102. American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. Washington DC. American Public Health Association. 1995.

103. Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA), Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas (AWWA), Federación de Control de la Contaminación del Agua (WPCF). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 16 Edición. Madrid, España. 1996. Ediciones Díaz de Santos S.A. Págs. 9-90.

104. Ibáñez J. Métodos de investigación. Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación criminológica. España: Editorial Dikynson; 2015. p. 99-105.

105. Araque J. Guía para hacer una entrevista. Revista anual especializada en investigación formativa. 22 de ene 2019.

106. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. Sexta edición. McGraw-Hill México, 2006.

107. Norma Técnica Peruana. NTP 214.042 2012. Calidad de agua. Clasificación de la matriz agua para ensayos de laboratorio.

108. Piguave J, Castellano M, Macías A, Vite F, Ponce M, & Avila J. Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil. Revisión Sistemática. Revista Kasmera 2019 julio, 47 (2): 153 -173.

109. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición volumen 1 Recomendaciones. Suiza; 2006.

110. Chávez M, Rivera G, Romero T, Vizcarra I. El pozo: usos, seguridad y tradición en la subcuenca del río San Javier. Estudios sociales (Hermosillo, Son.) 2013, *21*(41), 261-286.

111. Chávez DL, Torres V. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de consumo humano de pozos artesianos y pozos rústicos en la comunidad de Santo Tomás, Iquitos-Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 2019.

112. Marchand, E. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana [Tesis]. PE: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.

ANEXOS

ANEXO 1

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRIA EN

SALUD PÚBLICA

FICHA DE OBSERVACIÓN PARA REGISTRAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS SUBTERRÁNEOS QUE ABASTECEN CON AGUA A LAS FAMILIAS DE DIEZ ASENTAMIENTOS HUMANOS DE YARINACOCHA, 2022

1.- Asentamiento humano:…… ……..

2.- Nombre del propietario del pozo:…… ……..

3.- Dirección de ubicación del pozo:……..…….

4.- N° de beneficiarios:…….

5.- Profundidad del pozo:…… ……

6.- Años de haberse construido:…… ……..

7.- Ha tenido problemas con el agua de pozo como: Mal sabor (si) (no) Mal olor (si) (no)
Sucia con sedimentos (Si) (No) Color extraño (Si) (No)

8.- Posee tanque (aéreo) grande para almacenar el agua (Si) (No)

9.- El pozo posee alrededor un piso de cemento que lo rodea (Si) (No)

10.- Existen charcos que se quedan estancados alrededor del pozo (Si) (No)

11.- Hay letrinas o tanques sépticos a menos de 15 metros de distancia del pozo de agua (Si) (No)

12.- Existen acúmulos de basura a menos de 15 metros de distancia del pozo de agua (Si) (No)

13.- Existen a menos de 30 metros del pozo alguna actividad que pueda ser fuente de contaminación para las aguas del pozo (Si) (No)

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRIA EN

SALUD PÚBLICA

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZOS SUBTERRÁNEOS DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS DE YARINACOCHA, PUCALLPA 2022

Nombre del Laboratorio de análisis:……

INDICACIONES: Introduzca los valores hallados en laboratorio de acuerdo a los parámetros establecidos y respecto a las muestras recolectadas.

FECHA:……..

N°	Ítems	Resultados de muestra/N° de pozo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Las bacterias Coliformes Totales en el cultivo es 0 (cero) UFC/100 mL a 35ºC.										
2	Las Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales en el cultivo es 0 (cero) UFC/100 mL a 44,5ºC.:										
3	Potencial de hidrógeno (pH),										
4	Salinidad (Cloruro) (Cl-),										
5	Sólidos disueltos totales (SDT),										
6	Dureza (CaCO3),										
7	Sulfatos										

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

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRIA

EN SALUD PÚBLICA

CUESTIONARIO PARA VALORAR METODOS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA DE POZOS SUBTERRÁNEOS POR JEFES DE FAMILIA DE DIEZ ASENTAMIENTOS HUMANOS DE YARINACOCHA 2022

INTRODUCCIÓN

Señor/a: Estoy realizando un estudio sobre contaminantes del agua de pozos subterráneos cercanos a fuentes contaminantes y métodos de desinfección del agua por familias de los asentamientos humanos de Yarinacocha. En tal sentido, me ayude con el llenado de este cuestionario, respondiendo de la manera más sincera las preguntas que se formulan.
Le aseguro que la información que usted proporcione será absolutamente confidencial.

MARQUE LA RESPUESTA QUE USTED CONSIDERE CORRETA

1.- Persona entrevistada: Hombre (1) Mujer (2)
2.- Edad: 18 a 25 años (1) 26 a 30 años (2) 31 a 35 años (3)
36 a 40 años (4) 45 a 50 años (5) Más de 50 años (6)
3.- Escolaridad: Primaria incompleta (1) Primaria completa (2) Secundaria incompleta (3) Secundaria completa (4) Superior incompleta (5) Superior completa (6)
4.- Ocupación: Empleado público (1) Trabajador independiente (2) Obrero (3) Ama de casa (4) Otro:…… ……..
5.- Tenencia de la vivienda: Propia (1) En Alquiler (2) En guardianía (3)
6.- Tiempo de residencia: Menor de 1 año (1) De 2 a 5 años (2) De 6 a 10 años (3) Más de 11 años (4)
7.- Número de integrantes de la familia: Tres integrante (1) Mas de tres integrantes (2)
8.- Lugar de donde obtiene el agua que consume: Pozo propio (1) Pozo comunal (2) Pozo particular (3)
9.- Medio por la que recibe el servicio de agua: Red con tubería y grifo en casa (1) Acarreada en baldes y otros recipientes (2)
10.- Información sobre características del agua: Mal olor Si (1) No (2)
Mal sabor Si (1) No (2) Sucia con sedimentos Si (1) No (2)
11.- Forma de sacar el agua del pozo: Bomba eléctrica con tubería a casa (1) Balde con soga (2) Bomba manual (3) otra forma:…… …… ……
12.- Tipo de recipiente de almacenamiento de agua: Recipientes limpios y con tapa (1) Recipientes inadecuados y sin tapa (2) No almacena agua (3)
13.- El agua antes de ser consumida recibe el siguiente tratamiento:
No trata el agua (1) Hierve el agua (2) Clora el agua (3) Desinfección solar (4)
14.- Se realiza la limpieza frecuente al pozo donde recibe agua: Si (1) No (2)
15.- Cada cuánto tiempo limpian el pozo: Una vez al mes (1) Cada 3 meses (2) Dos veces al año (3) Una vez al año (4) No limpian el pozo (5)
16.- Ha recibido capacitación sobre manejo del agua: Si (1) No (2)
17.- En los últimos 15 días algún miembro de la familia se ha enfermado de:
Diarrea (1) Parasitosis (2) Heridas en la piel (3) Otras …….

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general ¿Cuál es el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua utilizan las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022? **Problemas específicos** ¿Cuál es el grado de contaminación física del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua utilizan las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022? ¿Cuál es el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua utilizan las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022? ¿Cuál es el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022?	**Objetivo general** Identificar el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos y práctica de desinfección del agua que utilizan las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022. **Objetivos específicos** Identificar el grado de contaminación física del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua utilizados por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022. Determinar el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua utilizados por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa-2022. Determinar el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua utilizados por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha, Pucallpa 2022.	**Hipótesis general** Existe correlación entre el grado de contaminación física, química y microbiológica del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022. **Hipótesis específicas** Existe correlación entre el grado de contaminación física del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022. Existe correlación entre el grado de contaminación química del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022. Existe correlación entre el grado de contaminación microbiológica del agua subterránea de pozos y prácticas de desinfección del agua por las familias de diez asentamientos humanos de Yarinacocha-Pucallpa, 2022.	Contaminantes de agua de pozos subterráneos Métodos de desinfección del agua	Contaminantes Microbiológicos	Bacterias coliformes totales Bacterias coliformes fecales Escherichia coli Huevos de helmintos	**Tipo de estudio** Descriptivo Analítico, prospectivo, Transversal **Diseño:** No experimental M_1—O_x ---O_y **Método**: Cuantitativo Laboratorio **Población:** Total: 31 pozos subterráneos 158 jedes de familia **Muestra:** 100% de pozos que cumplan criterios de inclusión **Técnicas**: entrevista y observación, **Instrumento**s: Ficha para valorar características de los pozos de agua subterránea. Ficha para análisis de laboratorio Cuestionario para valorar métodos de desinfección del agua por jefes de familia.
				Contaminantes físicos	Turbidez Mal olor Sedimentación Conductividad eléctrica Temperatura	
				Contaminantes químicos	Nitratos Cloruros Mercurio Plomo pH	
				Métodos físicos	Hervido Desinfección solar	
				Métodos químicos	Cloración	