UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS

“Comparación de la eficacia del Método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (Tereftalato de Polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea, Ucayali - 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: Pascual Alvino, Rusell Yoel

ASESOR: Zacarías Ventura, Héctor Raúl

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:
Área: Ingeniería, Tecnología
Sub área: Biotecnología ambiental
Disciplina: Biotecnología ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:
Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero ambiental
Código del Programa: P09
Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

DATOS DEL AUTOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 75778901

DATOS DEL ASESOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329
Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación
Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Condezo Beteta, Verenisa Nohely	Maestro en educación investigación y docencia superior Investigación y docencia superior	45728462	0009-0001-8221-7427
3	Chahua Garcia, Niler Rosario	Maestro en educación, mención: investigación y docencia superior	46905368	0000-0003-3517-5751

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: RUSELL YOEL PASCUAL ALVINO, de la investigación titulada "Comparación de la eficacia del método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (Tereftalato de Polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea, Ucayali-2024", con asesor(a) HÉCTOR RAÚL ZACARÍAS VENTURA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2560-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 14 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 07 de marzo de 2025

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA
HUÁNUCO - PERÚ

RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE TURNITIN
HUÁNUCO - PERÚ

FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 08 del mes de abril del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Verenisa Nohely Condezo Beteta (Secretario)
- Mg. Niler Rosario Chahua Garcia (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0481-2025-D-FI-UDH,** para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DEL MÉTODO SODIS CON DIFERENTES TAMAÑOS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO (TEREFTALATO DE POLIETILENO) PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA, UCAYALI-2024",** presentado por el (la) Bach. **PASCUAL ALVINO, RUSELL YOEL;** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 18:19 horas del día 08 del mes de ABRIL del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Mg. Verenisa Nohely Condez Beteta
DNI: 45728462
ORCID: 0009-0001-8221-7427
Secretario

Mg. Niler Rosario Chahua Garcia
DNI: 46905368
ORCID: 0000-0003-3517-5751
Vocal

38. Russell Yoel PASCUAL ALVINO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	13%	5%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	www.iagua.es Fuente de Internet	1%
5	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	1%

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA
HUÁNUCO - PERÚ

RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE TUITIN
HUÁNUCO - PERÚ

FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y la fortaleza para terminar este proyecto de investigación.

A mis padres, por estar presente en los buenos y malos momentos y hacer todo lo posible para culminar mis estudios y en la preparación de este proyecto.

A mis hermanos por sus consejos y apoyo incondicional durante mi etapa de formación en mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Brindo especial agradecimiento a la universidad de Huánuco por ser la institución que me formo profesionalmente y humanamente haciendo una persona de bien en la sociedad.

Al docente Héctor Zacarías Ventura por haber aceptado ser mi asesor y poder brindarme su tiempo y enseñanzas durante mi formación universitaria y en la elaboración de mi tesis.

A la empresa Transmisiones Eléctricas del Perú de la ciudad de Aguaytía en el departamento de Ucayali distrito de Padre Abad por haberme facilitado ejercer mi carrera profesional Ing. Ambiental donde fortalecí mi sabiduría y carrera profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
ÍNDICE IV
ÍNDICE DE TABLAS VII
ÍNDICE DE FIGURAS IX
RESUMEN X
ABSTRACT XI
INTRODUCCIÓN XII
CAPÍTULO I 13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL 14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS 14
1.3. OBJETIVOS 15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 15
1.3.2. OBJETIVO ESPESIFICO 15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 16
CAPÍTULO II 17
MARCO TEÓRICO 17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES 21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES 22
2.2. BASES TEÓRICAS 23
2.2.1. MÉTODO SODIS 23
2.2.2. INICIOS DEL MÉTODO SODIS 24
2.2.3. CONDICIONES DE USO DEL MÉTODO SODIS 25
2.2.4. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO 26
2.2.5. VENTAJAS DEL MÉTODO SODIS 27

2.2.6. CALIDAD DEL AGUA....28
2.2.7. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA....29
2.2.8. ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA EN PERÚ....31
2.2.9. AGUA SUBTERRÁNEA....33
2.2.10. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS....34
2.2.11. TURBIDEZ....35
2.2.12. ESTÁNDARES DE TURBIDEZ....35
2.2.13. PATÓGENOS DEL AGUA....36
2.2.14. ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS DEL AGUA....37
2.2.15. LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS, LEY NRO. 29338, ESTABLECE LO SIGUIENTE EN CUANTO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS....37
2.2.16. REGLAMENTO DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO....40
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES....41
2.3.1. MÉTODO SODIS....41
2.3.2. CALIDAD DEL AGUA....41
2.3.3. RADIACIÓN SOLAR....41
2.3.4. TURBIDEZ....42
2.3.5. PLÁSTICO PET....42
2.3.6. AGUA RESIDUAL....42
2.4. HIPÓTESIS....42
2.5. VARIABLES....43
2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN....43
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA....43
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES....44
CAPÍTULO III....46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN....46
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN....46
3.1.1. ENFOQUE....46
3.1.2. ALCANCE O NIVEL....46
3.1.3. DISEÑO....46
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA....47
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .48

3.3.1. PROTOCOLO DE TRABAJO 49
3.3.2. CONSIDERACIONES 49
3.3.3. EJECUCIÓN DEL MUESTREO 49
3.3.4. PRESENTACIÓN DE DATOS 53
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 53
CAPÍTULO IV 54
RESULTADOS 54
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS 54
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS 61
CAPÍTULO V 65
DISCUSIÓN DE RESULTADOS 65
CONCLUSIONES 68
RECOMENDACIONES 69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70
ANEXOS 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos 40

Tabla 2 Esquema del diseño experimental 48

Tabla 3 Parámetro fisicoquímico (pH) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 54

Tabla 4 Parámetro fisicoquímico (Oxígeno disuelto, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 55

Tabla 5 Parámetro fisicoquímico (Conductividad eléctrica, µS/cm) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 56

Tabla 6 Parámetro fisicoquímico (Sólidos Disueltos Totales, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 57

Tabla 7 Parámetro fisicoquímico (Fosfato, mg/l, Turbidez, NTU, DBO5, mg/l, DQO, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 58

Tabla 8 Parámetros microbiológicos (M. aerobios viables, Coliformes totales y Escherichia coli) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 59

Tabla 9 Parámetros microbiológicos (Staphylococcus, Vibrio cholerae, Salmonella y mohos y levaduras) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 60

Tabla 10 Prueba de normalidad de los datos 61

Tabla 11 Prueba hipótesis 62
Tabla 12 Tabla comparativa de resultados microbiológicos 63
Tabla 13 Tabla comparativa de resultados fisicoquímicos.....64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del diseño experimental 47

Figura 2 Parámetro fisicoquímico (pH) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 54

Figura 3 Parámetro fisicoquímico (Oxígeno disuelto, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 55

Figura 4 Parámetro fisicoquímico (Conductividad eléctrica, µS/cm) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 56

Figura 5 Parámetro fisicoquímico (Sólidos Disueltos Totales, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 57

Figura 6 Parámetro fisicoquímico (Fosfato, mg/l, Turbidez, NTU, DBO5, mg/l, DQO, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 58

Figura 7 Parámetros microbiológicos (M. aerobios viables, Coliformes totales y Escherichia coli) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 59

Figura 8 Parámetros microbiológicos (Staphylococcus, Vibrio cholerae, Salmonella y mohos y levaduras) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas 60

RESUMEN

El presente estudio titulado COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DEL MÉTODO SODIS CON DIFERENTES TAMAÑOS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO (TEREFTALATO DE POLIETILENO) PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA, UCAYALI-2024 tuvo como objetivo Comparar la eficacia del método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea. En la metodología, se trata de un estudio con intervención, longitudinal, analítico y prospectivo. Se trabajó con dos grupos intervenidos, uno de ellos constituido por agua subterránea en botellas de 2 litros y el otro en botellas de 3 litros. El procedimiento consistió en exponer el agua en botellas de tereftalato de polietileno al Sol, con el propósito principal de eliminar la carga microbiológica del agua subterránea, asimismo se ha evaluado los parámetros fisicoquímicos para verificar si el tratamiento lo deja al agua acorde a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua (DS-004-2017-MINAM). Como resultado se ha obtenido que, la carga microbiológica del agua subterránea no ha sido completamente eliminada en ninguno de los dos tamaños de botella, si se ha eliminado la presencia de coliformes totales, Escherichia coli, Staphylococcusm Vibrio Cholerae y por último, mohos y levaduras, más no se ha eliminado en su totalidad la presencia de microorganismos aerobios viables (en promedio se obtuvo $4x10^3$ UFC/ml lo obtenido, versus el valor referencial máximo del ECA de $2x10^3$ UFC/ml), por lo que no sería un agua apta para consumo humano. En conclusión, el método SODIS, a una temperatura entre 31 °C a 34 °C, por un periodo de exposición solar de 6 horas, es capaz de eliminar la mayoría de la carga microbiana (Coliformes totales, Escherichia coli, Staphylococcusm Vibrio Cholerae, mohos y levaduras), más no fue capaz de eliminar en su totalidad a los microorganismos aerobios viables, por lo que se hace necesario la cloración del agua y seguidamente pase por un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos a 100 °C para que sea apta para el consumo humano.

Palabras clave: Comparación, eficacia, Método, botellas, calidad, agua.

ABSTRACT

The present study entitled COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF THE SODIS METHOD WITH DIFFERENT SIZES OF PLASTIC BOTTLES (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE) FOR THE RECOVERY OF GROUNDWATER QUALITY, UCAYALI-2024 had the objective of comparing the effectiveness of the SODIS method with different sizes of plastic bottles (polyethylene terephthalate) for the recovery of groundwater quality. In the methodology, it is an intervention, longitudinal, analytical and prospective study. Two intervention groups were worked with, one of them consisting of groundwater in 2-liter bottles and the other in 3-liter bottles. The procedure consisted of exposing the water in polyethylene terephthalate bottles to the Sun, with the main purpose of eliminating the microbiological load of the groundwater, likewise the physicochemical parameters have been evaluated to verify if the treatment leaves the water in accordance with the Environmental Quality Standards (ECA) of the water (DS-004-2017-MINAM). As a result, it has been obtained that the microbiological load of the groundwater has not been completely eliminated in either of the two bottle sizes, the presence of total coliforms, Escherichia coli, Staphylococcusm Vibrio Cholerae and finally, molds and yeasts has been eliminated, but the presence of viable aerobic microorganisms has not been completely eliminated (on average 4x103 CFU / ml was obtained, versus the maximum reference value of the ECA of 2x103 CFU / ml), so it would not be water suitable for human consumption. In conclusion, the method is able to eliminate most of the microbial load (total coliforms, Escherichia coli, Staphylococcus, Vibrio cholerae, molds and yeasts), but it was not able to completely eliminate viable aerobic microorganisms, so it is necessary for the water under study to go through a boiling process of 10 to 15 minutes at 100 °C to be suitable for human consumption.

Keywords: Comparison, effectiveness, Method, bottles, quality, water.

INTRODUCCIÓN

El agua insalubre provoca la presencia de muchas enfermedades humanas y en el reino animal. Curiosamente, la actividad antropogénica es la responsable de que se tenga agua contaminada, la misma que acarrea las enfermedades que serían capaces de acabar con la vida del hombre. Se sabe que la contaminación microbiológica es por causas naturales, pero también la actividad antropogénica ciertamente es también la responsable de la contaminación del agua, no solo superficial, sino también la responsable del agua subterránea.

Por lo anterior, se han establecido plantas de tratamiento para tratar el agua y tener buena salud en toda la población, básicamente de la población que radica en las urbes. Su propósito es recuperar la calidad de agua, para la utilización y reutilización.

Por otro lado, se tiene poblaciones alejadas que no pueden acceder al agua potable, por lo que, en muchas ocasiones, se tiene que son víctimas al beber agua contaminada. Dichas poblaciones no acceden incluso a los recursos más básicos que goza la sociedad urbana, por lo que se hace necesario una solución que esté al alcance de sus manos, es ahí que entra en escena el método SODIS, que es una técnica para tratar el agua empleando la energía del sol para mejorar principalmente la carga microbiológica del agua. Dicho método está pensado para ser usado a escala doméstica, ya que purifica pequeñas cantidades de agua. La tendencia actual en el uso de SODIS es que se emplee plástico en lugar de botellas de vidrio, debido a que ya se tiene experiencia en resultados aceptables.

Ha sido la intención del presente estudio evaluar la eficacia del método al usar dos diferentes tamaños de botella de tereftalato de polietileno, con el fin de encontrar si es factible usar una botella más grande, como la de 3 litros, como una alternativa de uso doméstico para las comunidades.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El agua es muy importante para la existencia, sin embargo, pensando que se trata de un recurso ilimitado, la especie humana, la que se precia de tener actitudes racionales, la desperdicia y la contamina sin pensar en las futuras generaciones. En todo el mundo se vierte agua sin que reciba un tratamiento, hacia el medio ambiente, provocando con ello la alteración de ríos, lagos y océanos. Este es un problema generalizado que atenta contra la salud y el bienestar del mismo hombre.

La contaminación del agua se presenta cuando se mezcla con sustancias nocivas, que pueden ser químicas o microorganismos, los que llegan a contaminar arroyos enteros, ríos, lagos, incluso el océano, con lo que se degrada la calidad del agua, haciéndola tóxica, por lo que no puede ser consumida por el hombre ni utilizada en el medio ambiente (Salvador, 2021). Ciertamente, el agua es altamente vulnerable a ser contaminada. Las sustancias contaminantes del agua proceden de granjas, ciudades y fábricas, dichas sustancias son solubles en el agua, mezclándose y provocando su contaminación.

Urge encontrar medidas y emplearlas continuamente. Personas comprometidas con el medio ambiente han encontrado medios que permiten la descontaminación del agua, estas medidas se han ido perfeccionando en el tiempo, así como difundiendo para que se conviertan de uso masivo. Se han encontrado medidas inteligentes para mitigar la contaminación microbiológica del agua, usando los propios recursos naturales. Es así que, se ha desarrollado el método SODIS (por sus siglas en inglés), que tiene la capacidad de desinfectar el agua empleando la luz solar en botellas de plástico transparentes, se aprovecha la radiación solar (rayos ultravioletas) y el incremento de la temperatura del agua, que se produce por el sol, con el objetivo de eliminar microorganismos, incluyendo los coliformes totales, causantes de patologías gastrointestinales.

Está comprobado que el método SODIS es eficaz en cuando a los parámetros microbiológicos, ya que logra reducir incluso en un 100% la concentración de coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia coli (Castillo et al., 2016). Lo anterior fue evaluado con las normas peruanas para la calidad del agua. Las botellas que generalmente se usan con el método SODIS con de plástico PET (tereftalato de polietileno), mayormente de un volumen entre 1 y 2 litros, las botellas a usarse son transparente, deben estar limpias y el agua debe estar con baja turbidez.

En la ciudad de la Aguaytía, ubicada en la selva peruana, así como en otras ciudades, urge masificar el uso de diferentes técnicas de descontaminación del agua, en especial para aquellos que aún no cuentan con un servicio de agua potable, convirtiéndose el método SODIS en una alternativa económica, práctica y sustentada metodológicamente, que brinde seguridad y garantía para aquellos que decidan emplearlo.

Es la intención del presente estudio la identificación del tamaño de botella, con las características anteriormente mencionadas, que funciona mejor con el método SODIS, con la expectativa de que aún en botellas de mayor tamaño, la eficacia siga siendo la esperada. Tradicionalmente, se ha trabajado con botellas de 1 a 2 litros, más no se ha documentado la eficacia con botellas de un tamaño mayor, por lo que, en la presente investigación, se incluirá ese factor. Al finalizar el estudio, se pretende aportar a la comunidad científica una calibración de la cantidad de agua a emplearse para seguir teniendo resultados esperados.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la diferencia en la eficacia del método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea, Ucayali, 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea

luego del método SODIS aplicado en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024?

- ¿Cuáles son los parámetros microbiológicos del agua subterránea luego del método SODIS aplicado en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia del método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea Ucayali, 2024.

1.3.2. OBJETIVO ESPESIFICO

- Describir los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea luego del método SODIS aplicado en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024.
- Describir los parámetros microbiológicos del agua subterránea luego del método SODIS aplicado en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio fue un aporte a la comunidad científica por cuantose busca optimiza el uso de una técnica previamente comprobada, además contribuye a la solución de un problema asociado a la recuperación del agua para un consumo determinado.

El estudio se justificó porque contribuye a identificar el tamaño de botella que presenta una mayor eficacia al momento de recuperarse el agua residual con el método SODIS. A la fecha no se ha realizado un estudio como el que se planteó, sino que solamente se tiene recomendaciones en cuanto a la obtención de una eficacia diferente al variar el tamaño de la botella, por lo que, se justifica que, metodológicamente, mediante la presente investigación, se

emplee el método científico para establecer la eficacia del método SODIS usando diferentes tamaños de botella.

Asimismo, el estudio se justificó teóricamente por cuanto existe el conocimiento previo respecto a la línea de investigación que permita obrarde manera convencional para obtener resultados válidos para ser presentados a la comunidad científica.

El estudio se justificó de manera práctica por cuanto los resultados que se obtengan pueden ser empleados con relativa sencillez bajo el método que se propone y por la necesidad que se tiene de obtener agua libre de contaminantes para un consumo determinado.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Los limitantes presentes en el desarrollo de la investigación fue la ausencia de laboratorios en el lugar de la ciudad de Aguaytía donde realice y ejecute el experimento del método SODIS lo cual tuve que llevar las muestras de agua a la ciudad de Tingo María distancia de viaje a un promedio de dos horas en el tramo de Aguaytía hasta Tingo María. Asimismo, a estudiar el agua subterránea de un mismo punto de análisis.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue factible por cuanto el sistema requerido para que opere el método SODIS se satisface en la zona de estudio, contemperaturas promedio alrededor de los 30° C lo que posibilita poner en práctica el diseño experimental que se planteó en la investigación. La realidad indica que es una necesidad para la población contar con una alternativa viable, de bajo costo, que permita habilitar el agua que destinan para cierto consumo. Con el método SODIS se comprobó que es eficaz cuando se trabaja con pequeños volúmenes de agua para la eliminación de patógenos que producen enfermedades transmitidas porel agua, con el estudio realizado se pretende cuanto el volumen sea más pequeño siga mejorando la eficacia del método.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Santos y Tirira (2020), en su estudio titulado Aplicación del método SODIS utilizando tres sistemas de tratamientos para la desinfección de agua lluvia en la Comunidad San Ramón, Ecuador, plantean como objetivo principal determinar cuál de estos sistemas es el más eficiente para implementar el método SODIS en la esterilización del agua en dicha comunidad, ubicada en la Parroquia 10 de agosto, Cantón y Provincia de Pastaza. El estudio enfatiza la importancia de mejorar la calidad del agua a través de la desinfección solar, destacando la necesidad de un sistema adecuado para tal propósito. La metodología empleada consistió en la comparación de tres sistemas de filtración y desinfección solar mediante el método SODIS: un filtro de arena combinado con plástico negro, un filtro de arena con una plancha de papel aluminio y un filtro de arena con una plancha de zinc. Para evaluar su efectividad, se recolectaron seis muestras de agua antes y después de la aplicación de cada sistema, las cuales fueron sometidas a análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Además, se realizaron pruebas estadísticas para determinar la variación de los resultados obtenidos. Los resultados del estudio confirman la hipótesis inicial, demostrando que la desinfección solar del agua mediante SODIS es una estrategia viable en comunidades rurales, ya que representa una solución sencilla y efectiva para la purificación del agua de uso doméstico. En conclusión, el sistema que combinaba filtración con arena y una plancha de zinc resultó ser el más eficiente, logrando una mayor eliminación de microorganismos patógenos, incluyendo Coliformes Fecales y Escherichia coli, lo que lo posiciona como la alternativa más recomendable para su implementación en San Ramón.

García-Gil et al. (2021), en su artículo *Desinfección solar del agua para producir agua potable segura: una revisión de parámetros, mejoras y enfoques de modelado para hacer que SODIS sea más rápido y seguro*, destacan que la desinfección solar del agua (SODIS) es una de las estrategias más accesibles y rentables para obtener agua potable en comunidades con recursos limitados. Su estudio tiene como objetivo analizar los principales factores que influyen en la eficiencia del proceso SODIS y cómo los avances tecnológicos y los modelos de optimización pueden contribuir a superar sus limitaciones y mejorar su adopción a gran escala. Una de las mejoras propuestas en la metodología del tratamiento es el incremento del volumen del contenedor utilizado para la desinfección, ya que esto podría reducir el riesgo de volver a contaminar de manera asociado con la manipulación de múltiples botellas de 2 litros. No obstante, los resultados indican que el empleo de materiales alternativos al tereftalato de polietileno (PET) para fabricar los contenedores puede comprometer la eficacia del proceso, disminuyendo la inactivación de virus y protozoos. Además, se sugiere que los tiempos de exposición solar sean sobreestimados como medida preventiva, debido a la influencia de múltiples factores externos que no pueden ser controlados directamente por los usuarios de SODIS. El estudio concluye que el desarrollo de modelos cinético más precisos es esencial para garantizar la producción de agua potable mediante este método. En este sentido, se realizó una revisión del conocimiento existente sobre las variables que afectan SODIS y las estrategias utilizadas en la modelización de su cinética de inactivación. Un modelo cinético ideal no solo debe considerar la naturaleza y concentración de los microorganismos presentes en el agua sin tratar, sino también otros factores determinantes en la eficacia del proceso, como la degradación del agua con el tiempo, la intensidad y distribución espectral de la radiación solar, el tipo de material empleado en el reactor SODIS, la capacidad de transmisión de luz de las paredes del contenedor y la composición química del agua. Esto último es particularmente relevante, ya que los compuestos presentes en el agua pueden actuar como agentes atenuadores de la radiación o como sensibilizadores que

potencian la inactivación de patógenos.

Alkhalidi et al. (2021) en su artículo: Using Woods glass to enhance the efficiency of a water solar disinfection (SODIS) apparatus with a Fresnel lens. Inglaterra, refieren que la desinfección solar, como tecnología baja en carbono, es un método de tratamiento de agua sostenible y rentable, lo que hace que sea más probable que se implemente en los países en desarrollo. Se ha demostrado que la radiación de luz ultravioleta es eficaz contra patógenos y microorganismos. El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño de un aparato de desinfección solar equipado con vidrio de Wood y lente de Fresnel. La metodología empleada fue usar el vidrio de Wood un filtro de paso de banda que permite el paso de la luz ultravioleta y bloquea la mayor parte del espectro restante, incluido el infrarrojo. Esto tiene un doble propósito. Deja pasar la parte que inactiva patógenos y microorganismos (ultravioleta) y bloquea la parte que ayuda al crecimiento de bacterias (infrarrojos). La instalación experimental está diseñada para investigar el efecto del vidrio de Wood con y sin lente Fresnel en el proceso de desinfección solar. La investigación se realiza en un sistema por lotes y en un novedoso sistema instantáneo de desinfección de agua. Los resultados del proceso de desinfección del agua se registraron para cada conjunto de experimentos teniendo en cuenta parámetros vitales, como la radiación solar, la intensidad de la luz solar ultravioleta y la temperatura del agua. La conclusión de estos experimentos mostró una desinfección efectiva del agua con hasta un 85% de eliminación de patógenos mediante el uso de la radiación solar disponible diariamente.

Parsa et al. (2020) en su artículo; First approach on nanofluid-based solar still in high altitude for water desalination and solar water disinfection (SODIS), Irán, señalan que su objetivo fue examinar por primera vez el rendimiento de dos destiladores solares basados en n10anofluidos en la cima del Monte Tochal a casi 4000 m y en la ciudad de Teherán durante cuatro días consecutivos en julio de 2018. En la metodología se utilizó nanofluido de plata debido a ventajas destacadas

como excelentes propiedades ópticas, alta conductividad térmica y características antibacterianas a una concentración del 0,04% en peso. Dado que la tasa de radiación ultravioleta (UV) en el vértice de Tochal es ~30% más alta que en Teherán; El agua producida de los sistemas se recoge en una botella transparente de plástico y se expone a luz del sol por 8 h del experimento para aprovechar la ventaja de la desinfección solar del agua (SODIS). Los resultados mostraron que, desde el punto de vista energético, la utilización de nanofluidos tiene un gran impacto enlos sistemas, mientras que desde el punto de vista exergético la altitud tiene el mayor impacto en los sistemas. La mayor eficiencia energética y exergética instantánea se obtuvo con Tochal cargado con nanofluido en un 55,98% y 9,27% respectivamente. Además, la eficiencia energética y exergética general del sistema ubicado en Tochal cargado con nanofluido en comparación con el ubicado en Teherán sin nanofluido mejoró en aproximadamente un 106% y un 196% respectivamente. Se Concluye finalmente, el uso de nanopartículas de plata para propósitos dobles (antibacteriano y para mejorar la transferencia de calor/masa) y la exposición del agua destilada a la luz solar para SODIS puede producir agua más saludable.

Feria et al. (2020), en su estudio sobre la *Desinfección de agua cruda con radiación solar (SODIS) para la remoción de coliformes totales*, plantean como objetivo principal evaluar la eficacia del método SODIS en la eliminación de coliformes totales presentes en agua cruda. La investigación se desarrolló en la metodología mediante la exposición de muestras de agua del río Sinú, Colombia, a un proceso de desinfección solar durante un lapso de dos días. Para un monitoreo preciso, se registraron datos meteorológicos clave, como temperatura ambiental, radiación solar y humedad relativa, los cuales fueron obtenidos de una estación ubicada en el campus de la Universidad de Sucre. Los resultados revelaron que, tras acumular 18 horas de exposición a la radiación solar, se logró la eliminación total de los coliformes en las muestras analizadas, además de una reducción del 43% en la turbidez inicial del agua. A partir de estos hallazgos, se

concluye que el método SODIS demostró ser altamente eficaz para la desinfección del agua cruda del río Sinú, especialmente durante la temporada de estiaje. Asimismo, se evidencia que las condiciones climáticas propias de la estación seca en la región favorecen la implementación de esta tecnología como una alternativa accesible y eficiente para el tratamiento del agua en comunidades con acceso limitado a sistemas convencionales de potabilización.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Lugo et al. (2020) en su artículo: La radiación solar como procedimiento alternativo para el tratamiento y mejora del agua bacteriológicamente contaminada, Simbilá, Piura, refieren que este estudio presenta impacto nacional e internacional. Siendo una prioridad a nivel global para la investigación. El objetivo fue realizar un estudiodel agua y del proceso de descontaminación, haciendo uso de solucionescon bases naturales, tales como: la radicación solar presentada como un método alterno para descontaminar el agua de las bacterias. La metodología del presente estudio permitió la desinfección del agua sin el uso de productos químicos, lo que lo hizo sin costos elevados, de manera rápida y eficaz. Este proceso a través de la luz solar, reside en la separación de patógenos que causan diversasenfermedades de origen en el agua. Con previo análisis bacteriológico de los coliformes totales y fecales, el agua contaminada es introducida en botellasplásticas, las cuales se exponen durante muchas horas a la luz del sol, permitiendo la combinación de 2 efectos: el incremento de temperatura por radiaciones infrarrojas su destrucción y la radiación ultravioleta. Se escogieron familias y comunidades donde llevar a cabo el proyecto. Se tomaron muestras de agua de la fuente de abastecimiento, se colocanen botellas de plástico (PET) transparentes de 2 L. como máximo,siendo expuestas al sol por lo menos por seis horas. El resultado al tratamiento se examinó de nuevo las muestras para poder establecer si el procedimiento era eficaz o no. Se llevaron a cabo acciones de aprendizaje que ayudaban a que el poblado sea consciente del empleo de este método, el cual es económico y fácil de hacer. En cada familiay comunidad fueron escogidos

los respectivos responsables de hacer un seguimiento al proyecto.

Mio (2020), en su estudio titulado *Experiencias de las madres en la desinfección solar del agua para consumo humano en el Centro Poblado Menor de Callanca – Monsefú*, tuvo como objetivo analizar y comprender las vivencias de un grupo de madres en la implementación del método SODIS para la potabilización del agua destinada al consumo humano. La investigación adoptó una metodología de un enfoque cualitativo basado en el estudio de caso, centrado en la exploración de estas experiencias. Para la recolección de datos, se empleó una entrevista semiestructurada, aplicando el criterio de saturación para determinar la muestra. Los resultados del análisis de contenido permitió identificar cuatro categorías principales: (A) el proceso de aprendizaje del método SODIS, desarrollado a través de la colaboración con una ONG y sesiones educativas; (B) la implementación práctica del método por parte de las madres; (C) los beneficios obtenidos, entre los que destacan la reducción de costos y tiempo, así como la prevención de enfermedades como la parasitosis y las enfermedades diarreicas agudas (EDA); y (D) la percepción general sobre la efectividad del método. En conclusión, la aplicación de la desinfección solar del agua resultó altamente beneficiosa para las madres participantes, ya que su eficacia en la eliminación de microorganismos patógenos, impulsada por la acción de la radiación solar, contribuyó significativamente a la mejora de la salud familiar, reduciendo la incidencia de enfermedades diarreicas y fortalecida.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Cajas (2020) en su estudio: Determinación del índice de calidad del agua del manantial del centro poblado de Cochatama - Huánuco – 2019 señala que su estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del manantial. La investigación utilizó un enfoque metodológico que permitió profundizar en los conocimientos prácticos y teóricos sobre los (ECAs) para el agua, considerando los parámetros microbiológicos, químicos y físicos. Esto permitió determinar la necesidad de desinfección

convencional, química o avanzada para garantizar la potabilidad del agua. En este sentido, se seleccionaron 4 puntos de muestreo de agua que fueron analizados en un laboratorio para evaluar su calidad; se realizó una revisión exhaustiva de estudios internacionales, nacionales y locales proporcionar un marco teórico sólido que sustente el objetivo de la investigación; por lo que este trabajo presentó un diseño observacional, prospectivo, transversal, descriptivo de enfoque cuantitativo. Se realizó la recolección de muestras en cuatro puntos estratégicos, donde se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua. Los resultados obtenidos permitieron caracterizar la calidad del recurso hídrico en cada uno de los puntos evaluados. El estudio evidencia que, en términos de sus propiedades químicas, físicas y microbiológicas, el agua analizada en el punto 01 cumple con los estándares establecidos en el Decreto Supremo 004-2017 del Ministerio del Ambiente (MINAM). Específicamente, se encuentra dentro de los límites máximos permitidos para la subcategoría A1, la cual clasifica aguas aptas para potabilización mediante procesos de desinfección.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MÉTODO SODIS

La desinfección solar del agua (SODIS) es un método sencillo y de bajo costo que se basa en la exposición de recipientes transparentes con agua a la radiación solar durante un período determinado, lo que permite la inactivación de microorganismos patógenos a través de la combinación de radiación ultravioleta (UV) y el aumento de temperatura (McGuigan et al., 2012). Su efectividad ha sido ampliamente documentada en la eliminación de virus, bacterias, hongos, helmintos y protozoos, lo que lo convierte en una alternativa viable para la potabilización en comunidades con acceso limitado a fuentes de agua seguras. A pesar de sus múltiples beneficios, una de las principales limitaciones de SODIS es la falta de un efecto residual de desinfección, lo que implica que el agua tratada puede recontaminarse fácilmente si

no se almacena o manipula adecuadamente (Vivar & Fuentes, 2016). Esta deficiencia ha sido objeto de diversas investigaciones para mejorar su eficiencia, incluyendo la combinación con otros métodos de tratamiento, el uso de materiales fotocatalíticos y la optimización de los tiempos de exposición a la radiación solar. No obstante, este sistema sigue siendo una opción altamente adecuada para comunidades rurales de bajos recursos, especialmente en zonas donde no existen infraestructuras para el acceso a agua potable segura. Muchas de estas comunidades no cuentan con sistemas convencionales de purificación, como la cloración o la ebullición del agua, y dependen de fuentes naturales de agua que pueden estar contaminadas

El tratamiento solar del agua es una de las tecnologías en aumento actualmente para la producción sostenible de agua limpia reduciendo el impacto ambiental mediante el uso de energías renovables. Uno de los riesgos de la desinfección solar que dificulta su generalización es el potencial rebrote de bacterias inactivadas cuando se almacena agua desinfectada antes de su consumo. Como el método SODIS no deja ningún agente biocida residual en el agua desinfectada, como ocurre después de la desinfección con hipoclorito de sodio con cloro libre residual, podría ocurrir un nuevo crecimiento de bacterias, lo que representa un riesgo para la salud del usuario final dependiendo del agua de almacenamiento. Condiciones – principalmente temperatura-, contenido de nutrientes del agua y nivel de desinfección alcanzado (UFC/100 ml). (Vivar & Fuentes, 2016).

2.2.2. INICIOS DEL MÉTODO SODIS

Según SODIS fundación (2003), la investigación sobre la desinfección solar del agua tuvo sus inicios en los estudios del profesor Aftim Acra de la Universidad Americana de Beirut, quien fue pionero en demostrar la eficacia de la radiación solar para la eliminación de microorganismos patógenos en el agua. Sus hallazgos sentaron las bases para la exploración y aplicación de este método en distintas regiones del mundo, especialmente en comunidades con acceso

limitado a fuentes seguras de agua potable.

Motivada por los avances de Acra, la Asociación de Sistemas Integrales de Energía Rural (INRESA) impulsó un proyecto en 1985 con el objetivo de evaluar la viabilidad de la desinfección solar del agua a mayor escala. A lo largo de los siguientes años, el método SODIS fue sometido a múltiples estudios de campo para analizar su eficacia en diferentes condiciones climáticas y tipos de agua. En 1988, el Brace Research Institute de Montreal organizó un taller internacional en el que expertos evaluaron los resultados obtenidos hasta el momento y discutieron estrategias para mejorar la implementación de este método en comunidades vulnerables (SODIS Fundación, 2003).

En 1991, un equipo interdisciplinario conformado por ingenieros sanitarios, bacteriólogos, virólogos y fotoquímicos del Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología Acuática (EAWAG/SANDEC) emprendió una serie de estudios exhaustivos, tanto en laboratorio como en campo, con el propósito de optimizar la técnica SODIS. Estas investigaciones se centraron en comprender los mecanismos de inactivación de microorganismos, identificar los factores que afectan la eficiencia del proceso y desarrollar un protocolo de tratamiento de agua que fuera sostenible, eficaz y de bajo costo. Como resultado de estos esfuerzos, SODIS se consolidó como una alternativa viable para la purificación de agua en comunidades de recursos escasos, proporcionando una solución accesible para reducir la incidencia de enfermedades de origen hídrico (SODIS Fundación, 2003).

2.2.3. CONDICIONES DE USO DEL MÉTODO SODIS

La Fundación SODIS recomienda exponer el agua al sol por seis horas en cielos despejados o hasta dos días si la nubosidad supera el 50%. Si la temperatura del agua alcanza los 50 °C, el tiempo puede reducirse a una hora. Para mejorar la eficacia, sugiere colocar las botellas sobre superficies reflejantes como láminas de aluminio. Sin embargo, en períodos de lluvia continua, el método no es efectivo, por lo

que se recomienda recolectar agua de lluvia como alternativa. En zonas con poca radiación solar, se aconseja complementar con otras estrategias de infección (Spuhler, 2023).

2.2.4. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

La desinfección solar del agua (SODIS) es un método eficaz para eliminar microorganismos patógenos, ya que estos no resisten altas temperaturas ni la radiación ultravioleta. Cuando el agua supera los 45 °C, la radiación UVA daña el material genético de los patógenos, mientras que la radiación infrarroja contribuye al calentamiento del agua, potenciando su inactivación. Este proceso de mejora la calidad microbiológica del agua potable y es una alternativa accesible para comunidades sin acceso a sistemas convencionales de purificación. Su efectividad depende de la radiación solar, la turbidez del agua y el tiempo de exposición. Tener en cuenta lo siguiente:

- Para llevar a cabo la desinfección solar del agua de manera eficiente, es fundamental seleccionar adecuadamente los materiales y la estructura de los recipientes empleados. Entre las opciones más recomendadas se encuentran las botellas de plástico PET, aunque también es posible utilizar envases de vidrio, siempre que cumplan con ciertos requisitos específicos. En el caso de las botellas de vidrio, su capacidad para permitir el paso de la radiación ultravioleta está directamente influenciada por la cantidad de óxido de hierro presente en su composición. Por ejemplo, los cristales de ventana comunes son poco más o menos opacos, no dejan atravesar luz UVA suficiente, razón por la cual no permiten la limpieza con el sol; para lo cual se deben utilizar distintos vidrios tales como el cuarzo y de marcas convenientes como Corex, Pyrex yVycor. Los beneficios que genera el uso de vidrio son que no presentan rayones las botellas, no se producen productosfotoquímicos y un mayor aguante al calor. Las desventajas son que a comparación de los plásticos son más pesados, se rompen con facilidad y son de alto costo, especialmente para las zonas rurales.

- En caso de que se utilizan botellas de plástico, se recomienda el PET que es el tereftalato de polietileno más no de PVC (cloruro de polivinilo), ya que estos últimos poseen aditivos que son capaces de filtrarse al agua.Las botellas en su mayoría están marcadas como PVC o PET. Si no lo son, podrían distinguirse por el fuego, debido a que los de PET arden con facilidad y sumamente rápido; sin embargo, los de PVC no ardentan con facilidad y el humo generado apesta a ácido. Con respecto a los beneficios, las botellas de plástico, tienen mayor ligereza, por poco inquebrantables, poseen transparencia, aportan un sabor neutro y químicamente poseen estabilidad. Como puntos en contra, cabe mencionar que su resistencia al calor es definida, por lo que son capaces de deformarse a temperaturas mayores a 65 ºC, y que, a medida que envejeceno por rayones, la transmisión de la radiación UVA se reduce al volverse opacos. Por esta razón, las botellas hechas con plástico PET, demasiado viejas o con rayones se tienen que reemplazar periódicamente (Spuhler, 2023).

2.2.5. VENTAJAS DEL MÉTODO SODIS

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP (2006), dice que el método de desinfección solar del agua (SODIS) es una alternativa sencilla y económica para mejorar la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano. Sin embargo, presenta ventajas en su aplicación.

- Elimina patógenos como bacterias, virus y parásitos, reduciendo enfermedades.
- Económico y accesible, ya que solo requiere botellas PET y luz solar.
- Sostenible y ecológico, sin productos químicos ni residuos tóxicos.
- Fácil de implementar, sin necesidad de mantenimiento especializado.
- Mejora la salud pública, especialmente en comunidades vulnerables.

- Ayuda a eliminar microorganismos que perjudican a la salud.
- Se aprovecha la energía del sol gratuita.
- Solo se trabaja con botellas de plástico (reciclaje) el cual hace más viable y fácil de trabajar.
- Se eliminará el uso de productos químicos.

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP (2006), dice que el método de desinfección solar del agua (SODIS) es una alternativa sencilla y económica para mejorar la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano. Sin embargo, presenta desventajas en su aplicación.

- Depende del clima, siendo menos efectivo en días nublados.
- Capacidad limitada, apto solo para pequeñas cantidades de agua.
- No eliminar contaminantes químicos, como metales pesados o pesticidas.
- Deterioro de botellas PET, que pueden liberar sustancias no deseadas.
- No mejora el sabor ni elimina la turbidez, requiriendo filtrado previo.
- Requiere de agua limpia sin turbidez que supera los límites.
- Se desconoce la efectividad en parásitos.

2.2.6. CALIDAD DEL AGUA

Según la Organización Mundial de la Salud y otras entidades a nivel internacional, la calidad del agua se define como las circunstancias en las que el agua, en términos de características biológicas, químicas y físicas, se encuentra apta para el consumo humano, en su estado natural o después de ser alterado porla acción humano. La calidad del agua, en términos generales, determinado al comparar las características

químicas y físicas de una muestra de aguacon directrices o estándares de calidad establecidos. Este concepto se ha vinculado principalmente al uso de agua para el consumo humano, aunque también puede definirse en función de otros usos del agua (Baeza, 2016).

Por otro lado, Aquae Fundación, (2023). Señala que calidad significa los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de acuerdo a su uso. Para determinarlo, se medirá y analizará los elementos como la cantidad de bacterias presentes en ella, la temperatura y el contenido de minerales disueltos en él. Según esta información, los datos obtenidos se comparan con estándares específicos para determinar el uso adecuado del agua analizada. Es decir, un agua determinada puede ser aptapara lavar, pero no para el consumo humano. Hablar de calidad del líquido agua es muy relevante hoy en día, a causa del gran aumento de la población en el mundo en los años recientes y aún más en el futuro. Asimismo, por el esparcimiento y urbanización del entorno, lugar que necesita un suministro mayor de agua, al igual que un control mejor de calidad del agua. Con respecto a las zonas rurales, esun tema principal debido a que en ciertas zonas surgen inconvenientes por el empleo de fertilizantes para la agricultura los cuales terminan en aguas superficialesy subterráneas, generando un excedente químico que afecta negativamente la calidad delagua.

La evaluación de la salud o calidad del agua suele ser muy importante en las industrias y distintos sectores del país, para asegurar que las características químicas y físicas sean apropiadas para el uso previsto. Dicha evaluación se lleva a cabo mediante indicadores como el pH, la turbidez, Potencial Redox, la temperatura, conductividad y los coliformes (SensorGO, 2020).

2.2.7. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

SensorGO (2020) refiere hablar de agua con calidad es relativa según el uso que se le va a dar, a continuación, se presenta los indicadores que se utilizan comúnmente ante una evaluación de

propiedades químicas como físicas en el agua:

- **Potencial Redox:**

Este indicador mide la capacidad del agua para oxidar o reducir sustancias y se expresa en milivoltios (mV). Valores positivos indican un potencial oxidante capaz de destruir bacterias, virus, moho y otros microbios. Un ejemplo es que con un potencial Redox en + 900 mV y un pH neutro, se puede lograr la eliminación toral de microorganismos que se encuentran en el agua.

- **Turbidez**

Este indicador se enfoca en medir las partículas que están suspendidas en el agua, utilizando como unidadde medida nefelométrica de turbidez (NTU) o simplemente unidad de turbidez (TU).

- **Conductividad**

Con este indicador se obtendrá los resultados de la conductividad ósea de su capacidad de transporte de corriente eléctrica, dependiendo del contenido de minerales que está en el agua. Estase mide en Siemens por metro (S/m) o en microsiemens (µS). Noobstante, para utilizarlo como indicador de calidad, es necesario analizar el tipo de minerales presentes. Como ejemplo, el arsénico y el calcio aumentan la conductividad del agua, pero el arsénico, incluso en cantidades pequeñas, puede ser letal para el consumo.

- **Temperatura**

La temperatura del agua se relaciona estrechamente con su pH y la conductividad, por lo que se mide junto con estos indicadores. Teniendo como unidad de medida el Kelvin (K).

- **Coliformes**

Hace un monitoreo de las bacterias bioquímicas. En México, este indicador es medido en CF, así como con los demás indicadores, con el

objetivo de obtener resultados de que si es potable o no el agua destinada para consumo.

- **pH.**

Con este indicador se obtendrá información de la alcalinidad del agua, está representado en escala de 0 hasta 14, donde el centro que es 7 representa que es neutro, de 0 a 7 quiere decir que es ácida y de 7 hasta 14 dice que se encuentra en el nivel alcalino.

2.2.8. ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA EN PERÚ

El Ministerio de Ambiente, (MINAM, 2017) El Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, ratifica los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, estableciendo disposiciones complementarias con el fin de unificar las normativas previas, específicamente los decretos supremos N.º 002-2008-MINAM, N.º 023-2009-MINAM y N.º 015-2015-MINAM. Esta armonización normativa introduce modificaciones, eliminaciones y mantenimiento de ciertos parámetros, valores, categorías y subcategorías dentro del ECA-Agua, el cual actualmente se compone de cuatro categorías y diecisiete subcategorías.

a) Categoría 1: Poblacional y Recreacional

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

- A1: Fuentes hídricas que requieren solo un proceso de desinfección para ser aptas para el consumo humano.

- A2: Aguas que pueden ser tratadas mediante un sistema convencional para alcanzar niveles adecuados de potabilidad.

- A3: Aguas que necesitan un tratamiento avanzado para eliminar contaminantes antes de su distribución para el consumo.

- Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

- B1: Cuerpos de agua utilizados para actividades recreativas con contacto directo, como natación o deportes acuáticos.

- B2: Aguas destinadas a actividades recreativas sin contacto primario con el cuerpo humano, como la navegación o pesca deportiva.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marinas, costeras y continentales

- Subcategoría C1: Aguas marinas costeras destinadas a la recolección y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados.

- Subcategoría C2: Aguas marinas costeras destinadas a la extracción y producción de otras especies hidrobiológicas.

- Subcategoría C3: Zonas de aguas marinas y costeras empleadas para actividades portuarias, industriales o de saneamiento.

- Subcategoría C4: Lagos y lagunas que sirven como entornos para la extracción y cultivo de especies hidrobiológicas.

b) Categoría 3: Riego de Vegetales y bebidas de animales

- Subcategoría D1: Agua utilizada en la irrigación de cultivos.

- Riego restringido: Aplicado a cultivos no consumidos directamente por humanos o que requieren procesamiento previo.

- Riego no restringido: Destinado a productos agrícolas que pueden consumirse crudos sin riesgo para la salud.

- Subcategoría D2: Agua utilizada para la hidratación del ganado y otras especies animales de producción, garantizando la ausencia de sustancias nocivas que puedan afectar su salud y bienestar.

c) Categoría 4: Conservación del medio ambiente acuático

- Subcategoría E1: Lagos y lagunas, cuerpos de agua cerrados que requieren regulaciones específicas para su equilibrio ambiental.

- Subcategoría E2: Ríos, diferenciados en:

- Ríos de la selva: Caracterizados por una alta biodiversidad y flujo constante de agua.

- Ríos de la sierra y costa: Con variaciones estacionales en el caudal y características físico-químicas particulares.

- Subcategoría E3: Ecosistemas marinos y costeros, subdivididos en:

- Marinos: Zonas oceánicas sujetas a conservación para evitar la degradación de su hábitat.

- Estuarios: Áreas de transición entre ríos y mares, esenciales para la biodiversidad y productividad pesquera.

El cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua es obligatorio y fundamental para determinar los usos de los cuerpos hídricos, considerando sus condiciones naturales y niveles de referencia. Asimismo, estos estándares sirven como base para la formulación de normativas legales, en concordancia con lo establecido en la Ley N°28611, Ley General del Ambiente. Este marco regulatorio es esencial para evaluar y monitorear la calidad de los cuerpos de agua en las cuencas hidrográficas del país, garantizando su sostenibilidad y protección (MINAM, 2017).

2.2.9. AGUA SUBTERRÁNEA

Las aguas subterráneas también conocidas como manto acuífero, son masas de agua que se encuentran debajo de la superficie del suelo. Estas aguas forman parte del ciclo hidrológico, ya que se infiltran a través de la nieve, agua de lluvia o del agua que proviene de lagunas y ríos, o generalmente, cuando la capa superficial del suelo está saturada de agua (Valdivieso, 2020).

Las aguas subterráneas se localizan en formaciones geológicas porosas conocidas como acuíferos, a través de los cuales el agua circula y se conecta con las aguas superficiales. El contenido de agua en los acuíferos puedevariar según las condiciones meteorológicas, las tasas

de recarga y las tasas de explotación. Por ejemplo, durante periodos de lluvias intensas la tasa de recarga puede aumentar. Sin embargo, durante épocas de sequía si la tasa de explotación se mantiene, el nivel del agua podría descender (Valdivieso,2020).

2.2.10. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Valdivieso (2020) planteó que las aguas subterráneas se clasifican de dos diferentes maneras dependiendo de si se sigue el enfoque del ciclo hidrológico o si se considera la zona en la que se encuentran. Según el ciclo hidrológico, podemos distinguir:

- **Aguas meteóricas**

Se refiere a las aguas que después de infiltrarse, son succionadas por las plantas y luego liberadas hacia la atmósfera a través de la transpiración o la evaporación, como lagos, ríos, manantiales, entre otros.

- **Aguas fósiles**

Se trata de aguas altamente salinas que se quedan atrapadas debido a procesos geológicos, aunque están relacionadas con el ciclo hidrológico.

- **Aguas juveniles o magmáticas**

Son aguas originarias de grandes profundidades y que pueden integrarse al ciclo hidrológico durante erupciones volcánicas o la actividad de géiseres.

En cambio, según el mismo Valdivieso (2020), según su ubicación las aguas subterráneas se clasifican en dos categorías principales:

- **Aguas edáficas**

Son aguas subterráneas situadas en la zona de aireación, retenidas entre las partículas delsuelo por capilaridad y son esenciales para la mejora vegetativa de la región.

- **Aguas freáticas**

Son aguas subterráneas ubicadas en la zona de saturación, que es la capa inicial de agua subterránea encontrada al perforar y la más propensa a lacontaminación causada por actividad humana.

2.2.11. TURBIDEZ

La turbidez es un indicador clave en la calidad del agua y su monitoreo es esencial en diversas aplicaciones, como el tratamiento de agua potable, aguas residuales, acuicultura y procesos industriales. Este parámetro se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) utilizando un turbidímetro, que proyecta luz a través de la muestra y detecta la cantidad de luz dispersada en un ángulo específico. La presencia de partículas como arcilla, materia orgánica, microorganismos y contaminantes puede aumentar la turbidez, afectando la transparencia del agua y su aptitud para el consumo o uso en procesos industriales. Los niveles elevados de turbidez pueden tener impactos negativos en la salud y el medio ambiente. En el caso del agua potable, una turbidez alta puede favorecer el crecimiento de microorganismos patógenos, afectando su potabilidad. En ecosistemas acuáticos, puede reducir la penetración de la luz solar, alterando la fotosíntesis y afectando la vida acuática (Hanna Instruments, 2022).

2.2.12. ESTÁNDARES DE TURBIDEZ

Según Hanna Instruments (2022), los esquemas de turbidez desempeñan un papel fundamental en los procesos de medición. En la actualidad, los estándares de turbidez se elaboran principalmente a partir de formalina, un polímero sintético caracterizado por su tamaño uniforme de partícula. Esta sustancia se compone de hexametilentetramina e hidracina, cuya estabilidad ha permitido su aceptación por parte de diversas entidades reguladoras, como la ISO, la ASBC y la EPA. Se ha establecido que una suspensión compuesta por 12,5 mg/L de hexametilentetramina y 1,25 mg/L de sulfato de hidracina en agua genera una turbidez equivalente a una Unidad de Turbidez de Formazina

(FTU). En términos generales, las demás unidades de turbidez toman como referencia las FTU; Sin embargo, estas pueden variar en función del método de medición empleado. Existen distintas unidades de turbidez, entre las cuales se incluyen los siguientes ejemplos:

- Unidades de Turbidez Nefelométricas (NTU): Esta unidad equivale a la FTU, pero su medición se realiza con un método que cumple con los estándares establecidos por la EPA para evaluar la turbidez.

- Unidad de Relación de Turbidez Nefelométrica (NTRU): Basada en los lineamientos de la EPA, esta unidad emplea un enfoque relacional para la determinación de la turbidez.

- Unidades Nefelométricas de Formazina (FNU): Comparables a las FTU, estas unidades se determinan utilizando los lineamientos de la norma ISO 7027, de acuerdo con la configuración del medidor utilizado.

- Estándares de la Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros (ASBC-FTU): Aplican los parámetros de la ASBC en el diseño y calibración de medidores de turbidez utilizados en la industria cervecera.

La selección del método de medición adecuado es un aspecto fundamental al elegir un medidor de turbidez. Existen múltiples enfoques para esta evaluación, Siendo los más utilizados aquellos que cumplen con la norma ISO 7027 y la regulación EPA 180.1. siendo de importancia el considerar que los medidores no son permitidos de manera individual, sino que, la razón simple es que se adaptan a los requerimientos determinados por estas normas, las cuales están estandarizadas (Hanna Instruments, 2022).

2.2.13. PATÓGENOS DEL AGUA

En el agua, existe una variedad natural de microorganismos, de los cuales la mayoría son beneficiosos. Aunque algunos pueden ser

patógenos. Comúnmente los más encontrados de microorganismos en estos cuerpos de agua son virus, protozoarios y bacterias. Estos desempeñan una importante labor al colaborar en el reaprovechamiento de nutrientes, razón por la cual es esencial comprender que no cualquiera es perjudicial. (Salvador, 2021)

2.2.14. ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS DEL AGUA

La eliminación de patógenos que causan enfermedades transmisibles a través del agua es de importancia mundial. Este tipo de enfermedades pueden ser las enfermedades más comunes como las diarreicas, que son considerados como enfermedades que causan morbilidad y mortandad a nivel mundial y principalmente en los países subdesarrollados. Entre las alternativas que se tiene para combatir situaciones de insuficiencia de agua potable o persistencia de enfermedades transmitidas por el agua, los países subdesarrollados, quese encuentran en una posición global favorable, Se podría utilizar la radiación solar como un agente desinfectante del agua, dada la coste-efectividad de esta fuente, la facilidad de implementación del procedimiento y la formación relativamente inexistente de reactivos potencialmente perjudiciales para la salud humana. (Granado & Iriarte, 2012).

2.2.15. LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS, LEY NRO. 29338, ESTABLECE LO SIGUIENTE EN CUANTO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Artículo 108.- Normas generales

La investigación y el aprovechamiento de las aguas subterráneas se rigen por lo establecido en el presente Título, así como por otras regulaciones pertinentes. Su utilización debe garantizarse en concordancia con el principio de sostenibilidad, asegurando la preservación del recurso hídrico dentro de la cuenca hidrográfica.

Artículo 109.- Investigación de aguas subterráneas

Toda actividad de exploración de aguas subterráneas que implique perforaciones deberá obtener, de manera previa, la autorización de la Autoridad Nacional. Asimismo, cuando corresponda, será necesario el consentimiento de los propietarios del área a investigar, asegurando en todo momento una gestión sostenible y responsable del recurso.

Artículo 110.- Asignación del derecho de uso de aguas subterráneas

La concesión para el aprovechamiento de un volumen determinado de agua subterránea estará sujeta a las disposiciones establecidas en el Título IV y, cuando corresponda, al cumplimiento del instrumento de gestión ambiental conforme a la normativa vigente. En caso de una suspensión temporal o definitiva del uso, los titulares de dichos derechos serán responsables de adoptar las medidas de seguridad necesarias para evitar perjuicios a terceros.

Asimismo, los usuarios de aguas subterráneas deberán instalar y mantener piezómetros en la cantidad y ubicación establecidas por la autoridad competente. Estos dispositivos permitirán el monitoreo mensual de las variaciones en los niveles freáticos, información que deberá ser reportada a la Autoridad Nacional del Agua.

Artículo 111.- Deber de notificación y riesgo

Toda persona que, en el desarrollo de estudios, actividades de explotación, exploración o ejecución de obras, identifique la presencia de agua, tendrá la obligación de informar a la Autoridad Nacional y suministrar la información técnica disponible. En estos casos, el uso del recurso hídrico estará prohibido sin la correspondiente licencia o autorización. Asimismo, se deberá llevar un registro actualizado de los pozos y demás fuentes de agua subterránea, garantizando su adecuada documentación y control.

Artículo 112.- Gestión integrada del agua subterránea

La Autoridad Nacional impulsa la conformación de bloques de uso de agua subterránea con el objetivo de fomentar su aprovechamiento conjunto con las fuentes superficiales, siempre que ello favorezca una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos en una misma región. Asimismo, se promueve la implementación de estrategias para la recarga artificial de acuíferos. Además, el Estado incentiva la inversión privada en la administración y uso compartido del agua subterránea, así como en la prestación de servicios asociados a su gestión y conservación.

Artículo 113.- Declaración de zonas de veda y restricción

Es función de la autoridad nacional:

a. Zonas de veda: Para la exploración, perforación de pozos y concesión de nuevos derechos de uso de agua subterránea, la Autoridad Nacional podrá establecer restricciones cuando se identifique un posible riesgo para la sostenibilidad del acuífero. Esta determinación deberá sustentarse en estudios técnicos detallados que analicen la capacidad de recarga, la demanda del recurso, las condiciones hidrogeológicas y el impacto ambiental asociado a la extracción. Dichos estudios deberán evaluar factores como la variación de los niveles freáticos, la calidad del agua, la interacción con cuerpos de agua superficiales y el posible agotamiento del acuífero a largo plazo. En caso de evidenciarse una sobreexplotación o un desequilibrio hídrico, la Autoridad Nacional podrá imponer restricciones, ya sea mediante la suspensión de nuevas concesiones, la limitación de volúmenes de extracción o la implementación de planes de manejo sostenible. Asimismo, estas medidas estarán bajo la supervisión de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2010), la cual garantizará el cumplimiento de las regulaciones y podrá exigir monitoreos periódicos, reportes técnicos y la adopción de tecnologías eficientes para el uso racional del recurso.

b. Zonas de restricción: Si se detecta un riesgo de agotamiento del acuífero, la Autoridad Nacional podrá establecer zonas de restricción basadas en estudios técnicos. Esto implicará una reducción temporal en la extracción de agua subterránea, distribuyéndola proporcionalmente entre los usuarios con derechos previos. Además, se podrán implementar medidas de monitoreo y estrategias para la recuperación y uso sostenible del recurso (ANA, 2010).

2.2.16. REGLAMENTO DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El Decreto Supremo Nro. 031-2010-SA, emitido por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2010), establece los límites máximos permitidos para diversos parámetros estos incluyen la concentración máxima de microorganismos patógenos como bacterias, virus, protozoarios y helmintos, que pueden representar un riesgo para la salud si se superan los niveles permitidos.

Tabla 1
Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Coliformes Totales.	UFC/100mL a 35º C	0
2. E. Coli	UFC/100mL a 44, 5º C	0
3. Bactérias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100mL a 44, 5º C	0
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35º C	500
5. Larvas y huevos de Helmintos, quistesy de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre	Nºorg/ L	0

Nota. Para los análisis 1, 2 y 3, considerar esta técnica del NMP por tubosmúltiples = < 1,8 /100 ml

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. MÉTODO SODIS

Proceso de tratamiento de agua que emplea energía solar para la mejora de su calidad microbiológica. Aplicada a nivel doméstico parala purificación de agua cantidades reducidas. Tiene las siguientes características:

- Es un método SODIS es una técnica de eliminación de patógenos causantes de enfermedades transmitidaspor el agua.
- Ideal para purificar agua en cantidades pequeñas para el consumo humano.
- Es un tratamiento del agua basado en el proceso que depende exclusivamente de energía de luz solar.
- Alternativa accesible para el tratar el agua a nivel doméstico.
- Es un método de limpieza de aguaantiguo, aunque poco utilizado (European Commission, 2023).

2.3.2. CALIDAD DEL AGUA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que la calidad del agua es un factor determinante para la salud pública y debe cumplir con ciertos criterios físicos, químicos, microbiológicos y radiactivos para ser seguro para el consumo humano. Según la OMS, el agua potable debe ser segura, accesible y aceptable para prevenir enfermedades y garantizar el bienestar de la población. (Baeza, 2016).

2.3.3. RADIACIÓN SOLAR

Refiere a la energía que es emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas que se desplazan por el espacio. Esta energía es factor principal impulsor de los cambios de la atmosfera y climas. Esta radiación inicia su proceso a partir de fusión nuclear del núcleo solar y el hidrógeno (IDEAM, 2022).

2.3.4. TURBIDEZ

Es una cualidad muy común e intuitiva del agua. De lo más visible del agua es lo turbia que se encuentra. A pesar de esto, detrás de la turbiedad existen ciertas cosas que implican las cuales son de importancia. Desde cómo realiza la desinfección hasta obtener buena calidad del agua. Este problema inicia desde la presencia de partículas suspendidas que hay en el agua, los cuales no se pueden observar individualmente. Las cuales pueden ser proteínas, algas, aceites, minerales, suciedad, inclusive bacterias (Hanna Instruments, 2022).

2.3.5. PLÁSTICO PET

El tereftalato de polietileno (PET) es un material plástico ampliamente utilizado, principalmente para la elaboración de recipientes. Químicamente, el PET es un poliéster obtenido mediante la policondensación del ácido tereftálico y el etilenglicol. Sus propiedades lo hacen ideal para la producción de envases (principalmente frascos y botellas), así como piezas y textiles (Envaselia, 2023).

2.3.6. AGUA RESIDUAL

El término agua residual es referido a una alteración negativa de la salud del agua. Generalmente representada por una composición variada de líquidos y residuos sólidos que modifican un cuerpo hídrico como consecuencia de los diversos usos del efluente, como: doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario, etc. (Flowen, 2022).

2.4. HIPÓTESIS

H1: La eficacia del método SODIS difiere al usar diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para recuperar la calidad del agua residual.

H0: La eficacia del método SODIS no difiere al usar diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para recuperar la calidad del agua residual.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Método SODIS

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Calidad del agua subterránea

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable de calibración	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Valor Final	Escala de medición	Tipo de variable
Método SODIS	Es una técnica donde se desinfecta usando la energía solar para eliminar bacterias y virus en el agua. (Spuhle, D. 2023).	Este método se caracterizará mediante el llenado de botellas transparentes con agua y exponerlas a la luz del sol durante el tiempo de seis horas.	Tamaño de botella	Botella PET de 2 litros Botella PET de 3 litros	Categórica	Nominal dicotómica

Variable evaluativa	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Unidad de medición	Escala de medición	Tipo de variable
Calidad del agua subterránea	Esto se define por las propiedades biológicas, físicas y químicas del agua que caracterizan el agua que se encuentra bajo la superficie de la tierra. Baeza, E. 2016).	Se medirá los parámetros como pH, temperatura, conductividad eléctrica, nitratos, Vibrio cholerae coliformes, salmonella Staphylococcus,	**Parámetros microbiológicos** • Microorganismos Aerobios Viables • Coliformes totales • Escherichia Coli y Staphylococcus • Vibrio cholerae • Salmonella • Mohos y levaduras	• ml • NMP/100 ml • NMP/100 ml • UFC/ml	De razón	Numérica continua
			Indicador	**Unidad de medición**		**Tipo de variable**
			Parámetros fisicoquímicos • Sólidos Disueltos Totales (SDT) • Nitrato • pH	• mg/l • µS/cm		Numérica continua

	Mohos, Turbidez, Escherichia coli, levaduras y mohos a través de muestras llevadas a laboratorio.	• Oxígeno disuelto • Conductividad eléctrica • Fosfato • Turbidez • DBO5 • DQO	• mg/l • mg/l • mg/l • NTU • mg/l • mg/l

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La clasificación de la investigación, según Supo & Zacarías (2020) consideró lo siguiente: Es *Analítica*, por cuanto cuenta con dos variables analíticas, que fueron relacionadas para evaluar la eficacia en la variable de estudio, debido a la variable de calibración. Es *prospectiva*, por cuanto los datos fueron recolectados por el propio investigador, es decir, se trabajó con datos primarios. Fue con intervención, ya que el investigador actuó sobre las unidades de estudio, mediante la variable de calibración. Es *Longitudinal*, por cuanto los datos fueron recolectados varias veces.

3.1.1. ENFOQUE

Este proyecto correspondió un enfoque cuantitativo, porque se emplearon herramientas estadísticas con el propósito de relacionar las variables analíticas participantes (Supo& Zacarías, 2020).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Esta investigación se ubicó dentro del nivel aplicado, el cual cuenta con dos variables analíticas (de calibración y evaluativa). Además, el objetivo es la relación de las variables mediante un diseño experimental para evaluar la eficacia en la variable de estudio debido a una variable de calibración. (Supo & Zacarías, 2020).

3.1.3. DISEÑO

Este diseño que sigue el estudio fue una variante del experimento verdadero, el que teóricamente implica tener al menos dos grupos participantes uno de ellos el grupo control y elotro un grupo de estudio (Supo & Zacarías, 2020). Sin embargo, se tiene en el presente estudio se tiene 2 grupos. El siguiente esquema ilustra el diseño, mostrando los grupos participantes y las observaciones a tener en cuenta:

GE1: O1 ----X1 ----O2

GE2: O1 ----X2 ----O2

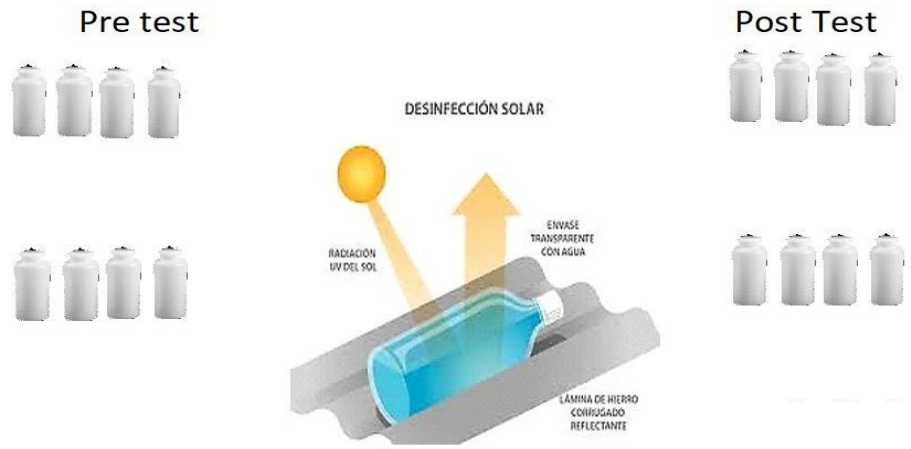
Donde:

G1, G2: Grupos de estudio con intervención

Oi : Observaciones a lo largo de la intervención (i=1,2) Xi: Intervención con diferentes dosis (i=1, 2)

La siguiente matriz ilustra como se van a trabajar lasunidades de estudio:

Figura 1
Esquema del diseño experimental



Nota. Presentación del esquema experimental con la intervención sobre las unidades de estudio con el método SODIS

Como se aprecia, se consideró la participación de 8 unidades de estudio, distribuidos en dos grupos de estudio, cada uno de ellos intervenidos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Como población se consideró el agua subterráneaque utilizada por las familias que residen en la Junta Vecinal Mariela, ubicada en la ciudad de

Aguaytía, distrito y provincia del Padre Abad, en el departamento de Ucayali, Perú.

Las coordenadas de ubicación de la zona de estudio fueron las siguientes: Latitud: -9.03778, Longitud: -75.5128, 9° 2′ 16″ Sur, 75° 30′ 46″ Oeste.

La muestra del presente estudio la comprendió el agua subterránea que se obtuvo de un pozo en la localidad antes mencionada, constituyendo una cantidad de 20 litros, que fueron insertadas en botellasde plástico (tereftalato de polietileno) de diferentes tamaños, para ser sometidas a la intervención por el método SODIS y completar el objetivo del estudio.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 2
Esquema del diseño experimental

Variable	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Calidad del agua	**Parámetros microbiológicos**	Observación Directa	Instrumental de laboratorio
	• Microorganismos Aerobios Viables		
	• Coliformes totales		
	• Escherichia Coli		
	• Staphylococcus		
	• Vibrio cholerae		
	• Salmonella		
	• Mohos y levaduras		
	Indicadores	**Técnica**	**Instrumentos**
	Parámetros fisicoquímicos	Observación Directa	
	• pH		• pHmetro
	• Oxígeno disuelto		• Instrumental de laboratorio
	• Conductividad eléctrica		• Instrumental de laboratorio
	• Sólidos Disueltos Totales (SDT)		• Instrumental de laboratorio
	• Fosfato		• Instrumental de laboratorio
	• Nitrato		• Turbidímetro
	• Turbidez		
	• DBO5		
	• DQO		

3.3.1. PROTOCOLO DE TRABAJO

A continuación, se presentan las tareas realizadas durante el proceso de ejecución del trabajo de investigación.

3.3.2. CONSIDERACIONES

A continuación, de acuerdo con ANA y MINAGRI (2011) se describe el protocolo paso a paso para el procedimiento de recolección de muestras de cuerpos de agua, desde la determinación de los sitios de monitoreo hasta el almacenamiento y transporte de las muestras recolectadas.

El propósito del muestreo fue recolectar muestras suficientemente representativas de agua subterránea en una cantidad adecuada para luego evaluar los parámetros durante el monitoreo.

3.3.3. EJECUCIÓN DEL MUESTREO

Al llegar al lugar de monitoreo, se realizaron algunas acciones,entre ellas tenemos:

a) Identificación del ambiente y ubicación

- Especificación de las características del medio ambiente, en la que se realizó la recolección y el monitoreo del agua subterránea (actividad humana, presencia de desechos y animales, etc.)
- Medición de la temperatura, la cual oscilaba entre 31 °C a 34 °C, en el periodo en que se ejecutó el estudio, de 10 am a 4:30 pm.
- Fotografiado de los puntos en donde se realizó el monitoreo.

b) Acondicionamiento

- Preparación de las botellas a utilizar en el muestreo, en dos grupos de trabajo, un grupo de 4 botellas de tereftalato de polietileno de 2 litros y otro grupo de 4 botellas de 3 litros.

- Disposición de los recipientes proporcionados por el laboratorio de la Universidad Nacional de la Selva, de la ciudad de Tingo María, Huánuco.
- Disposición de papel aluminio, el cual será usado debajo de las botellas a ser expuestas al Sol.
- Rotulado de los recipientes de laboratorio para su posterior envío para el análisis.
- Se procedió al lavado y secado de cada una de las botellas de 2 y 3 litros.
- Para el rotulado de cada uno de los recipientes utilizados para la recolección de muestras a llevarse al laboratorio, se usó únicamente bolígrafo de tinta indeleble delgada y fresca, para que luego cubrir la etiqueta con cinta.

c) Recojo de muestras de aguas subterráneas y exposición al Sol

- Obtención del agua subterránea mediante recipientes de plástico.
- Retiro de todo material visible de las aguas previo al llenado de las botellas. Se tuvo cuidado de que las muestras no contengan moléculas orgánicas y trazas de metales, ya que, si no se siguen los procedimientos adecuados de muestreo y almacenamiento, podría perderse estos componentes pueden perderse y/o contaminar parcial o completamente las muestras.
- Se realizó el llenado de cada una de las botellas de 2 y 3 litros
- Se inició el proceso de exposición al Sol a las 10:30 am, con el propósito de exponer las botellas por un periodo de 6 horas, tiempo en el que la temperatura es la máxima del día.
- Se colocaron las botellas sobre una superficie de metal (calamina), luego se colocó el papel aluminio y sobre ello las 4 botellas de 2 litros y las 4 botellas de 3 litros.

- Se midió la temperatura durante todo el rango de tiempo de estudio, la cual variaba entre 31 °C a 34 °C

d) Preparación de muestras para el laboratorio

La información adquirida de las mediciones paramétricas tomadas en el propio lugar donde se tomó la muestra (in situ) refleja el verdadero estado de las aguas subterráneas. Para garantizar la veracidad y autenticidad de los datos, fue necesario:

- Se evitó siempre sujetar el frasco por la boca.
- Estas muestras se tomaron sin contacto directo con el recipiente recolector.
- Al recolectar las muestras de agua, no se tocó directamente el medio de recolección.
- Se usaron 8 frascos de vidrio en total, 4 para las botellas de 2 litros y otros 4 para las botellas de 3 litros.
- Se hizo uso de frascos de vidrio esterilizados con anterioridad, para llevarlo hasta el sitio de muestreo en muy buenas condiciones. Dichos frascos no fueron abiertos antes de realizar el muestreo y llegado el momento recién fueron destapados por un corto tiempo para evitar que sustancias extrañas ingresen y pueda llegar a distorsionar los resultados.
- Se previno tocar el interior ya sea del frasco, sin ponerlo en algún lugar que podría contamine el frasco. Durante la recolección de muestra se dejó una 1/4 de frasco sin llenar con la finalidad de quese efectúe un suministro de oxígeno para los microorganismos.
- Se dispuso que las muestras sean transportadas inmediatamente al laboratorio
- Los frascos se cerraron herméticamente, se encintó la tapa del frasco para evitar derrames y por último se agitó para estandarizar u homogenizar la muestra.

e) Etiquetado y rotulado de muestras

Estos frascos se etiquetaron y rotularon con información clara y protegida con una cinta adhesiva e información siguiente: código de identificación, descripción del sitio de muestreo, N° de muestra, tipo de muestra de agua, hora y fecha de muestreo, tipo de análisis que interpreta, identificación de la persona responsable del muestreo.

f) Preservación y envío de las muestras consiste en:

- Los frascos de vidrio fueron embalados con cuidado para prevenir algún accidente ya sea por derrames.
- Para el transporte de estas muestras perecederas como coliformes fecales, coliformes totales y otros elementos enviados al laboratorio para su análisis siguieron los tiempos especificados en las recomendaciones de almacenamiento y conservación.
- Se envió la muestra al laboratorio con una cadena de custodia.
- El equipo se mantuvo en óptimas condiciones de limpieza y en buenas condiciones después del muestreo, y se mantuvo registros de mantenimiento
- Fue conveniente considerar el tiempo desde el inicio de la recolección de la muestra hasta el momento en que llegó al laboratorio para cumplir con los requisitos establecidos (ANA y MINAGRI, 2011)
- Cabe señalar que también se hizo un previo envío de agua subterránea al mismo laboratorio, para conocer el estado inicial del agua.

Disposición final

- En esta última etapa se culminó con el desarrollo de la disposición final de los residuos restantes de los materiales utilizados en la ejecucióndel proyecto.
- Las botellas de tereftalato de polietileno se recogieron para utilizarse

para otros fines (macetas, riego por goteo), hacer adornos coloridos (servilleteros, portalápices, costureros, joyeros, jarrones, etc.) o tener todas las botellas viejas enterradas junto con los desechos domésticos además hay la disponibilidad de entregar a los recicladores.

3.3.4. PRESENTACIÓN DE DATOS

Para presentar estos datos se usó a la estadística como herramienta de investigación, necesaria para presentar tablas y gráficos según la necesidad de completar cada uno de los objetivos presentados en el estudio, ya sea general y específicos. La presentación de datos incluyó las medidas descriptivas o de resumen.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para procesar los datos se hizo uso de software especializado, tal como el IBM SPSS. Versión 24, que brindó datos estadísticos para entender la relación entre las variables, así como la demostración de la hipótesis. Para analizar la información se utilizó la exégesis, que permitió una adecuada interpretación y entendimiento de cómo se comportan las variables. Elanálisis de los datos fue más útil realizarlo evaluando el objetivo del estudio, la hipótesis y el problema asociado a ello.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

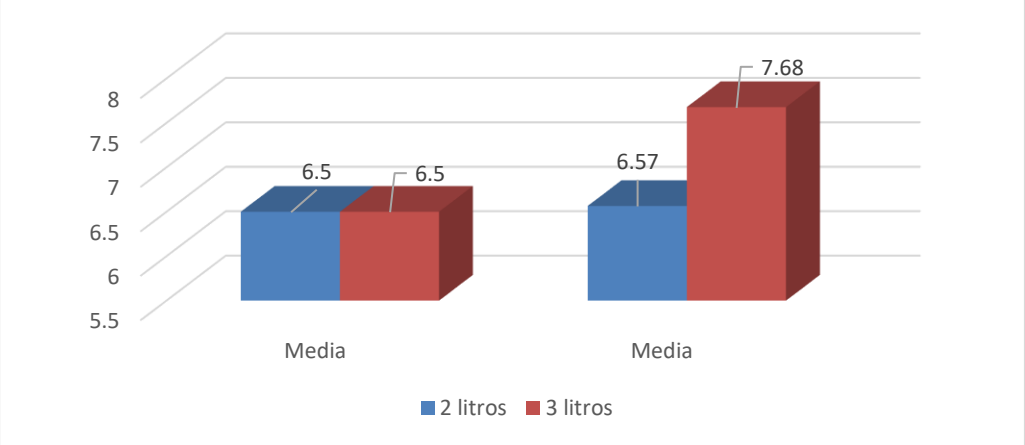
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 3
Parámetro fisicoquímico (pH) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas

		Pre Test	Post Test			
		Media	Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Potencial de Hidrógeno	2 litros	6.5	6.57	0.00645	6.5445	6.5855
	3 litros	6.5	7.68	0.00854	7.6503	7.7047

Nota. Datos recolectados en campo

Figura 2
Parámetro fisicoquímico (pH) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas



Nota. Se ha encontrado que, en ambos tamaños de botella, el potencial de Hidrógeno se ha incrementado, siendo el incremento mayor en el agua embotellada en un volumen de 3 litros, incluso se tuvo dentro del rango alcalino.

Tabla 4

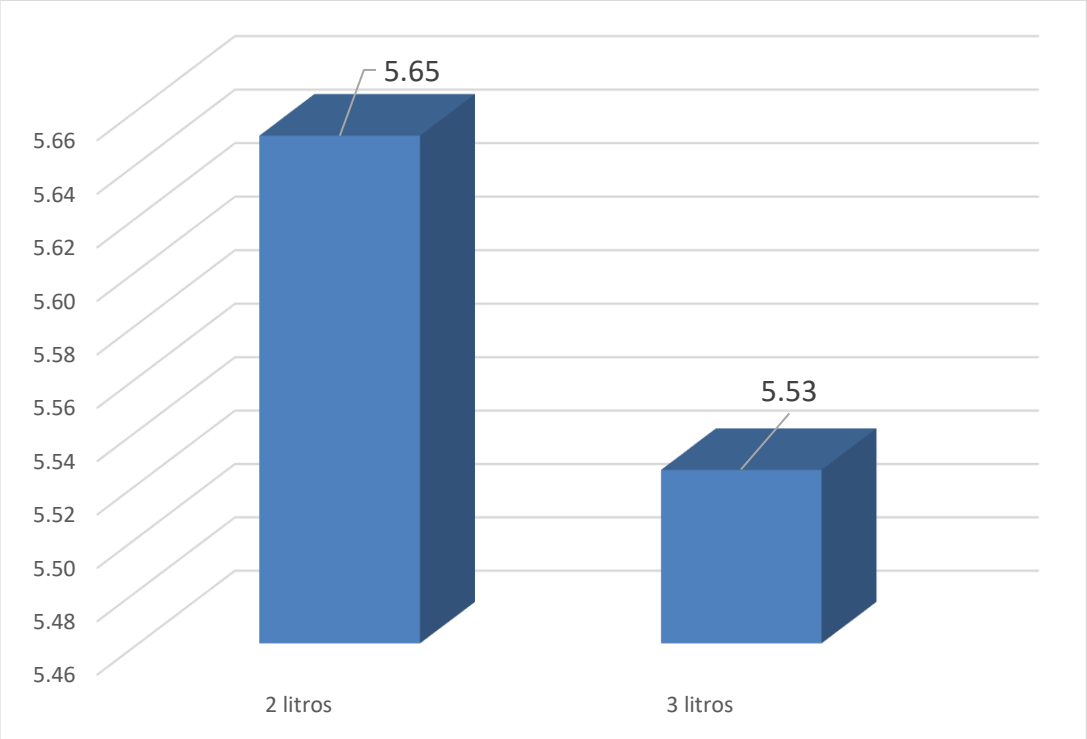
Parámetro fisicoquímico (Oxígeno disuelto, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas

		Post Test			
		Media	**Error estándar**	**Límite inferior**	**Límite superior**
Oxígeno disuelto	2 litros	5.65	0.06	5.44	5.86
	3 litros	5.53	0.13	5.13	5.92

Nota. Datos recolectados en campo

Figura 3

Parámetro fisicoquímico (Oxígeno disuelto, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas



Nota. Se ha encontrado similares resultados en el parámetro de Oxígeno disuelto para ambos tamaños de botella, luego del tratamiento del agua subterránea con el método SODIS.

Tabla 5

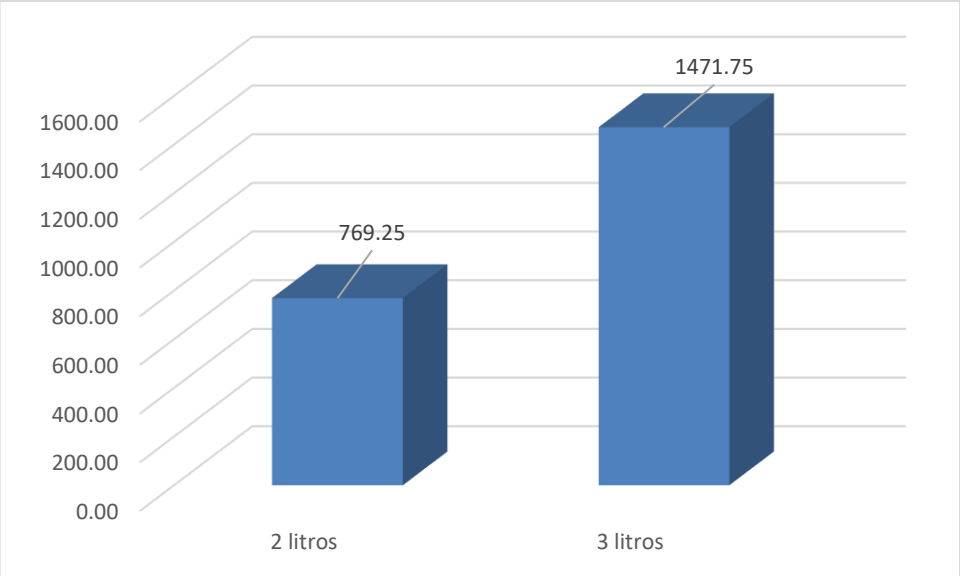
Parámetro fisicoquímico (Conductividad eléctrica, µS/cm) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas

		Post Test			
		Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Conductividad eléctrica	2 litros	769.25	5.02	753.27	785.23
	3 litros	1471.75	6.17	1452.12	1491.38

Nota. Datos recolectados en campo

Figura 4

Parámetro fisicoquímico (Conductividad eléctrica, µS/cm) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas



Nota. Se ha encontrado un mayor valor de la Conductividad eléctrica en el agua subterránea en la botella de 3 litros, luego del tratamiento con el método SODIS.

Tabla 6

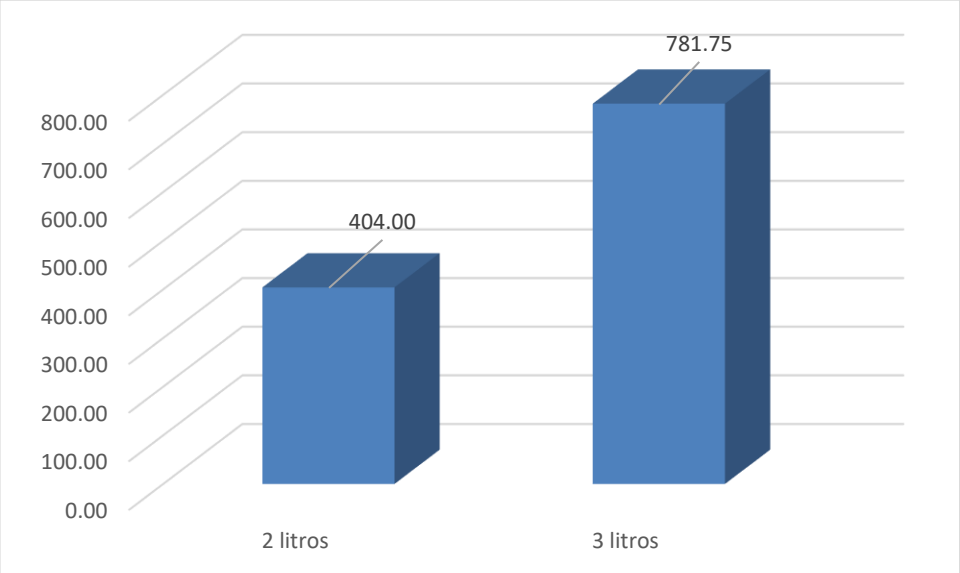
Parámetro fisicoquímico (Sólidos Disueltos Totales, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas

		Post Test			
		Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Sólidos Disueltos Totales	2 litros	404.00	0.82	401.40	406.60
	3 litros	781.75	2.78	772.90	790.60

Nota. Datos recolectados en campo

Figura 5

Parámetro fisicoquímico (Sólidos Disueltos Totales, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas



Nota. Se tuvo un mayor valor de Sólidos disueltos totales en la botella de 3 litros que contenía el agua subterránea, luego del tratamiento con el método SODIS.

Tabla 7

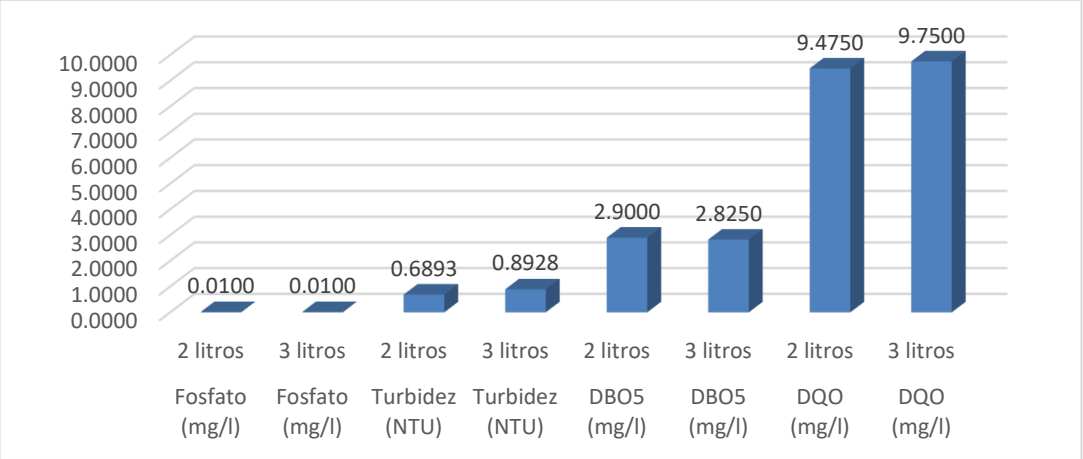
Parámetro fisicoquímico (Fosfato, mg/l, Turbidez, NTU, DBO5, mg/l, DQO, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas

Indicador	Grupo	Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Fosfato (mg/l)	2 litros	0.0100	0.00000	0.0100	0.0100
Fosfato (mg/l)	3 litros	0.0100	0.00000	0.0100	0.0100
Turbidez (NTU)	2 litros	0.6893	0.00085	0.6865	0.6920
Turbidez (NTU)	3 litros	0.8928	0.00111	0.8892	0.8963
DBO5 (mg/l)	2 litros	2.9000	0.07071	2.6750	3.1250
DBO5 (mg/l)	3 litros	2.8250	0.11815	2.4490	3.2010
DQO (mg/l)	2 litros	9.4750	0.11815	9.0990	9.8510
DQO (mg/l)	3 litros	9.7500	0.10408	9.4188	10.0812

Nota. Datos recolectados en campo

Figura 6

Parámetro fisicoquímico (Fosfato, mg/l, Turbidez, NTU, DBO5, mg/l, DQO, mg/l) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas



Nota. Se han obtenido similares resultados en cada uno de los indicadores fisicoquímicos evaluados en el agua subterránea, al usarse botellas de 2 y 3 litros con el método SODIS.

Tabla 8

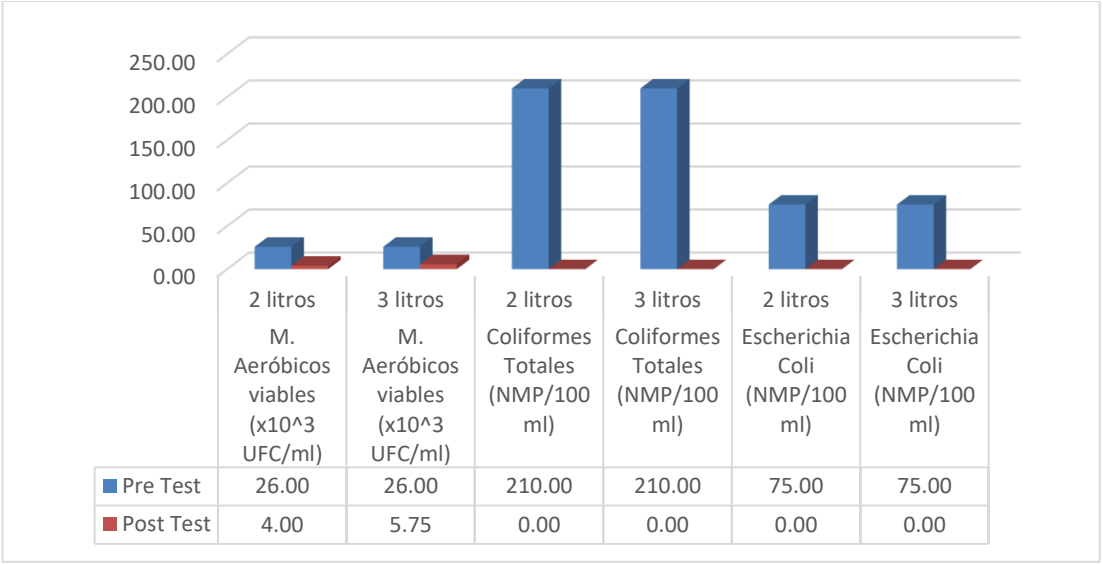
Parámetros microbiológicos (M. aerobios viables, Coliformes totales y Escherichia coli) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas

	Grupo	Pre Test	Post Test	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
M. Aerobios viables (x10^3 UFC/ml)	2 litros	26.00	4.00	0.41	2.70	5.30
M. Aerobios viables (x10^3 UFC/ml)	3 litros	26.00	5.75	0.85	3.03	8.47
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	2 litros	210.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	3 litros	210.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Escherichia Coli (NMP/100 ml)	2 litros	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Escherichia Coli (NMP/100 ml)	3 litros	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. Datos recolectados en campo

Figura 7

Parámetros microbiológicos (M. aerobios viables, Coliformes totales y Escherichia coli) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas



Nota. Debido a la aplicación del método SODIS al agua subterránea, se han eliminado Coliformes Totales, Coliformes Totales, Escherichia Coli y Escherichia Coli en cada uno de los tamaños de botella, pero no se eliminó lo suficiente en cuanto a microorganismos aerobios viables en ninguno de los tamaños de botella.

Tabla 9

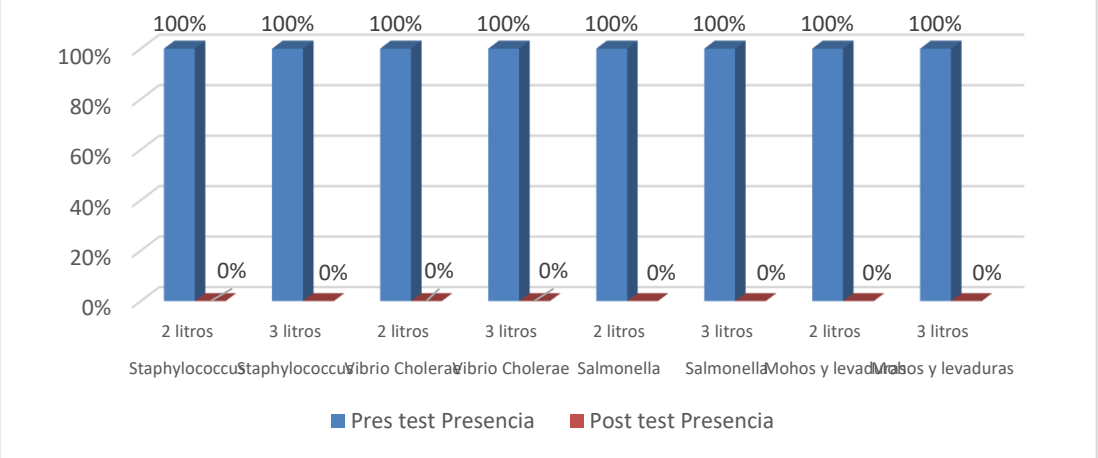
Parámetros microbiológicos (Staphylococcus, Vibrio cholerae, Salmonella y mohos y levaduras) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas

		Pres test Presencia	Post test Presencia
Staphylococcus	2 litros	100%	0%
Staphylococcus	3 litros	100%	0%
Vibrio Cholerae	2 litros	100%	0%
Vibrio Cholerae	3 litros	100%	0%
Salmonella	2 litros	100%	0%
Salmonella	3 litros	100%	0%
Mohos y levaduras	2 litros	100%	0%
Mohos y levaduras	3 litros	100%	0%

Nota. Datos recolectados en campo

Figura 8

Parámetros microbiológicos (Staphylococcus, Vibrio cholerae, Salmonella y mohos y levaduras) del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico en un periodo de exposición al sol de 6 horas



Nota. En todos los casos, se ha eliminado la presencia de Staphylococcus, Vibrio Cholerae, Salmonella, mohos y levaduras.

Tabla 10
Prueba de normalidad de los datos

		Shapiro-Wilk		
Grupo		Estadístico	gl	Sig.
Oxigeno_disuelto (mg/l)	2 litros	0.993	4	**0.972**
	3 litros	0.982	4	**0.911**
Conductividad_eléctrica (µS/cm)	2 litros	0.949	4	**0.709**
	3 litros	0.895	4	**0.407**
SDT (mg/l)	2 litros	0.945	4	**0.683**
	3 litros	0.994	4	**0.975**
DBO5 (mg/l)	2 litros	0.827	4	**0.161**
	3 litros	0.848	4	**0.220**
DQO (mg/l)	2 litros	0.848	4	**0.220**
	3 litros	0.998	4	**0.995**
Microorganismos aerobios viables (x10^3 UFC/ml)	2 litros	0.945	4	**0.683**
	3 litros	0.971	4	**0.850**
Potencial de Hidrógeno	2 litros	0.993	4	**0.972**
	3 litros	0.971	4	**0.850**

Nota. En los indicadores evaluados, se ha encontrado que los datos, según la prueba de normalidad realizada con el test de Shapiro-Wilk, los datos se asemejan a una distribución normal, esto se concluye debido a que el p-valor logrado (Sig. en la columna previa), es superior al nivel de significancia convencional de 5% (0.05), por lo anterior, se tiene que, es apropiado utilizar una prueba estadística paramétrica para contrastar la hipótesis planteada.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para seguir con el ritual de la significancia estadística, se tiene la siguiente hipótesis alterna con su correspondiente hipótesis nula:

- H1: La eficacia del método SODIS difiere al usar diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua residual.

- H0: La eficacia del método SODIS no difiere al usar diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación dela calidad del agua residual.

Nivel de significancia: 5% = 0.05

Prueba estadística: t de Student para muestras independientes.

Tabla 11
Prueba hipótesis

	Prueba de Levene		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Microorganismos aerobios viables (x10^3 UFC/ml)	1.93	0.21	-1.85	6	**0,0011**	-1.75	0.95	-4.07	0.57
DBO5 (mg/l)	1.04	0.35	0.54	6	**0,0061**	0.08	0.14	-0.26	0.41
DQO (mg/l)	0.09	0.78	-1.75	6	**0,0013**	-0.27	0.16	-0.66	0.11

Nota. Los resultados de la prueba de hipótesis nos señalan, en función al p-valor obtenido, que existe diferencias significativas en la recuperación de la calidad del agua en estudio, en los siguientes indicadores: Microorganismos aerobios viables (p-valor = 0.11%), DBO5 (p-valor = 0.61%) y DQO. (p-valor = 0.13%). Los resultados indican que existe diferencias, más para señalar si realmente se ha recuperado el agua, se hace necesaria la comparación de los resultados finales esperados con el estándar de calidad, el cual se muestra continuación.

Tabla 12

Tabla comparativa de resultados microbiológicos

Indicador	Valor Referencial ECA (DS-004-2017-MINAM)	Pre Test	Interpretación	Post Test 2 litros	Post Test 3 litros	Interpretación
Microorganismos aerobios viables	2 x 10^3 UFC/ml	26	Superior al parámetro	4	5.75	Superior al parámetro
Coliformes totales	50 NMP/100 ml	210	Superior al parámetro	0	0	Cumple el parámetro
Escherichia Coli	20 NMP/100 ml	75	Encima del parámetro	0	0	Cumple el parámetro
Staphylococcus	Ausencia	Presencia	No cumple el parámetro	Ausencia	Ausencia	Cumple el parámetro
Vibrio Cholerae	Ausencia	Presencia	No cumple el parámetro	Ausencia	Ausencia	Cumple el parámetro
Salmonella	Ausencia	Presencia	No cumple el parámetro	Ausencia	Ausencia	Cumple el parámetro
Mohos y levaduras	1 x 10^3 UFC/ml	1	Coincide con el parámetro	Ausencia	Ausencia	Cumple el parámetro

Nota. Las muestras de agua procesadas en los parámetros microbiológicos no están dentro de los rangos permisibles, debido a que tienen una carga de microorganismos aerobio-viables (heterótrofos), superior al valor referencial ECA. (DS-004-2017-MINAM). El agua debe entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100 °C para su consumo.

Tabla 13

Tabla comparativa de resultados fisicoquímicos

Indicador	Valor Referencial ECA (DS-004-2017-MINAM)	Pre Test	Interpretación	Post Test 2 litros	Post Test 3 litros	Interpretación
Oxígeno disuelto	>= 6 mg/l	6.98	Dentro de lo esperado	5.65	5.53	Debajo de lo esperado
Conductividad eléctrica	1500 , µS/cm	170	Debajo del parámetro	769.25	1471.75	Debajo del parámetro
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	85	Debajo del parámetro	404	781.75	Debajo del parámetro
Fosfato	0.1 mg/l	1	Superior al parámetro	0.01	0.01	Debajo del parámetro
Nitrato	50 mg/l	10	Debajo del parámetro	10	10	Debajo del parámetro
Turbidez	100 NTU	5	Debajo del parámetro	0.6893	0.8928	Debajo del parámetro
pH	6.5-8.5	6.5	Dentro del rango	6.57	7.68	Dentro del rango
DBO_5	3 mg/l	3	Coincide con el parámetro	2.90	2.8250	Debajo del parámetro
DQO	10 mg/l	10	Coincide con el parámetro	9.4750	7.75	Debajo del parámetro

Nota. Las muestras de agua procesadas se encuentran dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos, en cumplimiento a los valores referenciales ECA. (DS-004-2017-MINAM).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Considerando el objetivo principal: Comparar la eficacia del método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea, Ucayali 2024, el resultado que se ha obtenido al respecto es que en ninguno de los tamaños de botella, las muestras de agua procesadas en los parámetros microbiológicos no están dentro de los rangos permisibles, debido a que tienen principalmente tienen una carga de microorganismos aerobio-viables (heterótrofos), superior al valor referencial ECA. (DS-004-2017-MINAM), por lo que para su consumo, el agua debe entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100 °C. Por otro lado, las muestras de agua procesadas se encuentran dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos, en cumplimiento a los valores referenciales ECA. (DS-004-2017-MINAM). Aun cuando la conclusión del análisis microbiológico del agua indica que no es posible consumirla debido a la presencia de Microorganismos aerobios viables, los cuales ciertamente son perjudiciales para la salud, se destaca también que el método SODIS fue eficaz al reducir o eliminar la presencia de coliformes totales, Escherichia coli, Staphylococcusm Vibrio Cholerae y por último, mohos y levaduras.

Un estudio realizado previamente por Alkhalidi (2021), obtuvo similares resultados, al señalar que se mostró una desinfección efectiva de patógenos del agua en un 85%, mediante la radiación solar disponible. La diferencia fue que emplearon vidrio Wood, en lugar de plástico, con el propósito de inactivar patógenos y microorganismos mediante el paso de la luz ultravioleta, sin embargo, no se obtuvo a plenitud el resultado esperado. Por su parte, Feria et. (2020), con apoyo del método SODIS, buscó eliminar los coliformes totales y tras 18 horas de exposición a la radiación solar, verificó que se completó su objetivo en aguas superficiales del río Sinú. Comparando con los resultados obtenidos en la presente investigación, también se logró la eliminación de las coliformes totales, ubicándolo el agua dentro de los parámetros aceptables según la normativa vigente. La presencia de los microorganismos aerobios

viables luego de la intervención con el método SODIS, no hacen posible el consumo del agua en estudio. Estos microorganismos tienen una habilidad de multiplicarse exponencialmente y producir una colonia macroscópica en medio de un cultivo sólido, incluso son capaces de producir turbidez en un determinado medio líquido. La importancia de la eliminación de estos microorganismos radica en que supone un riesgo para la salud, capaz de provocar enfermedades como la diarrea, el cólera, entre otros. Es por ello la recomendación de que el agua pase por un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100 °C.

Considerando el objetivo específico: Describir los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (PET), Ucayali, 2024, se ha encontrado que, en las botellas de 2 y 3 litros se ha incrementado el valor del pH, en las botellas de 2 litros se ha dado un incremento de 1.07% (desde 6.5 a 6.57) y en las de 3 litros se ha dado el mayor incremento, el cual fue de 18.15% (desde 6.5 a 7.68). Según la normativa, ambos valores del pH se encuentran dentro del rango esperado que se señala en el ECA. (DS-004-2017-MINAM), Para el caso del oxígeno disuelto (inicio en 6.98 mg/l y termino en 5.65 mg/l. y 5.53 mg/l en las botellas de 2 y 3 litros respectivamente), la conductividad eléctrica(inicio en 170 µS/cm. y termino en 769.25 µS/cm y 1471.75 µS/cm. en las botellas de 2 y 3 litros respectivamente), los sólidos disueltos totales (inicio en 85 mg/l y termino en 404 mg/l y 781.75 mg/l en las botellas de 2 y 3 litros respectivamente), fosfato (inicio en 1 mg/l y termino en 0.01 mg/l y 0.01 mg/l en las botellas de 2 y 3 litros respectivamente), turbidez (inicio en 5 NTU. y termino en 0.6893 NTU y 0.8928 NTU en las botellas de 2 y 3 litros respectivamente), DBO5 (inicio en 3 mg/l y termino en 2.90 mg/l y 2.8250 mg/l en las botellas de 2 y 3 litros respectivamente) y DQO (inicio en 10 mg/l y termino en 9.4750 mg/l y 7.75 mg/l en las botellas de 2 y 3 litros respectivamente), en todos esos indicadores, en ambos tamaños de botella se han obtenido valores dentro del ECA.

Considerando el objetivo específico: Describir los parámetros microbiológicos del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de

polietileno), Ucayali, 2024, se ha obtenido que, para el caso de la presencia de los microorganismos aerobios viables, A pesar de que para otros indicadores como las coliformes totales, Escherichia coli y Staphylococcus aureus, esto no obstaculiza la aptitud del agua para el consumo humano, Vibrio Cholerae, Salmonella y los mohos y levaduras, La eliminación de la presencia de todos ellos se realiza eliminando la presencia de todos ellos. De ahí radica la importancia de que cada uno de los indicadores microbiológicos se encuentren dentro de los parámetros establecidos, debido a la importancia de la salud humana.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permiten llegar a las siguientes conclusiones: El método SODIS, a una temperatura entre 31 °C a 34 °C, por un periodo de exposición solar de 6 horas, ha sido eficaz en la recuperación de la calidad del agua subterránea en los indicadores microbiológicos: coliformes totales, Escherichia coli, Staphylococcusm Vibrio Cholerae y por último, mohos y levaduras, anulándose su presencia luego de la intervención en ambos tamaños de botella, pero no fue suficiente para eliminar en una suficiente cantidad a los microorganismos aeróbios viables, por lo que se concluye que, de manera integral, no ha sido eficaz para recuperar los estándares microbiológics adecuados del agua para el consumo humano. Por otro lado, el método SODIS si ha sido útil para obtener y mantener una calidad fisicoquímica del agua subterránea acorde al ECA. (DS. – 004 – 2017 - MINAM).

Se concluye que cada uno de los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea evaluada, luego de la intervención, mantienen su cumplimiento de la normativa del ECA. (DS-004-2017-MINAM).

Se concluye que, ni con la botella de 2 litros ni con la botella de 3 litros se ha obtenido un agua con características microbiológicas acordes a los valores esperados del ECA. (DS. – 004 – 2017 - MINAM), se precisa además que con la botella de 2 litros se estuvo más cerca de cumplir la normativa, lo que indica que el tamaño de botella menor si estaría influyendo en la recuperación microbiológica del agua, particularmente se hable de los microorganismos aerobios viables.

RECOMENDACIONES

Como resultado de la experiencia ganada en el estudio, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Tener en cuenta los tiempos de exposición al Sol al usar el método SODIS, con el objetivo principalmente de eliminar los microorganismos aerobios viables.

- Para contrastar los resultados de manera más objetiva, esto particularmente se aplica cuando la hipótesis alterna no es aceptada, por tanto, se recomienda tener en cuenta el mayor número de unidades de estudio.

- Es recomendable además realizar un estudio longitudinal a lo largo de todo un año, de tal manera que se considere los cambios de estaciones y por consiguiente del clima y temperatura, para determinar los rangos de periodo durante el año en que efectivamente el método SODIS pueda mostrar una mayor eficacia.

- Hacer manifestó a las entidades (municipalidades, ministerios, presidentes de comunidades, etc.) que llevando a cabo el método SODIS podemos tener el beneficio de tener un agua limpia para un uso determinado, evitando enfermedades por contaminación de aguas subterráneas.

- Se recomienda divulgar y masificar el uso del método en las comunidades alejadas que es escasa los servicios básicos en cuanto al agua y desagüe a fin de no exponerse a enfermedades asociadas al uso determinado de agua contaminadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkhalidi, A., Arabasi, S., Othman, A. A., Sabanikh, T., Mahmood, L., & Abdelal, Q. (2021). Using Woods glass to enhance the efficiency of a water solar disinfection (SODIS) apparatus with a Fresnel lens. International Journal of Low-Carbon Technologies, 16(2), 628–634. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaa096.

ANA. (2010). Ley de Recursos Hidricos. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ley_29338_0_2.pdf

ANA y MINAGRI. (2011). Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial. https://rb.gy/ks22y.

Aquae Fundación. (2023).¿Cuál es la calidad perfecta del agua? Fundación Aquae. https://www.fundacionaquae.org/wiki/calidad-agua/

Baeza, E. (2016). Calidad del Agua. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf

Cajas, M. (2020). Determinación del índice de calidad del agua del manantial del centro poblado de Cochatama—Huánuco—2019 [Universidad de Huánuco]. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3030683.

Castillo, H., Franco, V., & Cruz, M. (2016). Evaluación del método SODIS en la desinfección del agua para uso doméstico en la comunidad de Yanacoto, distrito de Lurigancho-Chosica. Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 2(2), Article 2. https://doi.org/10.17162/rictd.v2i2.622

Denchak, M. (2023). La contaminación del agua: Todo lo que necesitas saber. https://www.coursehero.com/es/file/211159166/Documento-sin-titulo-4pdf/

DIGESA. (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

MINSA.

Envaselia. (2023). Tereftalato de polietileno: ¿Qué es?, Usos y Propiedades. https://www.envaselia.com/blog/tereftalato-de-polietileno-id12.htm

European Commission. (2023). SODIS Nota Técnica Nro. 1. Duebendorf. https://civil-protection-humanitarian aid.ec.europa.eu/files/evaluation/watsan2005/annex_files/SKAT/SK%20AT1%20Solar%20disinfection%20of%20water/Notas_Tecnicas_SODIS.pdf

Feria, J. J., Álvarez, R. A., & Rodriguez, J. P. (2020). Desinfección de agua cruda con radiación solar (SODIS) para la remoción de coliformes totales. 41(38), 9.

Flowen. (2022). Aguas residuales y sus caracteristicas. https://flowen.com.pe/que-son-las-aguas-residuales/, https://flowen.com.pe/que-son-las-aguas-residuales/

García-Gil, Á., García-Muñoz, R. A., McGuigan, K. G., & Marugán, J. (2021). Solar Water Disinfection to Produce Safe Drinking Water: A Review of Parameters, Enhancements, and Modelling Approaches to Make SODIS Faster and Safer. Molecules, 26(11), Article 11. https://doi.org/10.3390/molecules26113431

Granado, D., & Iriarte, M. (2012). Efecto del método de desinfección solar (SODIS) sobre V. Cholerae o1: Determinado evaluando la viabilidad a través de la metodología analítica del Número Más Probable (Vol. 1). Editorial Académica Española.

Hanna Instruments. (2022). La guía completa para la medición de turbidez en el agua. HANNA® instruments México. https://h.hannainst.com.mx/blog/la-guia-completa-para-la-medicion-de-turbidez-en-el-agua%EF%BF%BC/

IDEAM. (2022). Radiación Solar. http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta

INCAP. (2006). Método SODIS para purificación del agua. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. https://bvssan.incap.int/local/PP/PPNT-051.PDF

Lugo, D., Barboza, M., & García, N. (2020). La radiación solar como procedimiento alternativo para el tratamiento y mejora del agua bactereológicamente contaminada, Simbilá, Piura. TZHOECOEN, 12(3), Article 3. https://doi.org/10.26495/tzh.v12i3.1326

McGuigan, K., Conroya, R., Mosler, H., Preezc, M., Ubomba-Jaswac, E., & Fernandez-Ibañez, P. (2012). Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top. Journal of Hazardous Materials, 29–49.

MINAM. (2017). Decreto Supremo Nro. 004-2017-MINAM.-. Ministerio del Ambiente. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf

Parsa, S. M., Rahbar, A., Koleini, M. H., Davoud Javadi, Y., Afrand, M., Rostami, S., & Amidpour, M. (2020). First approach on nanofluid-based solar still in high altitude for water desalination and solar water disinfection (SODIS). Desalination, 491, 114592. https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114592

Salvador, D. (2021). Microorganismos en el agua ¿Debemos preocuparnos? Ciencia UNAM. https://ciencia.unam.mx/leer/1098/microorganismos-en-el-%20agua-debemos-preocuparnos-

Santos, R., & Tirira, N. (2020). Aplicación del método SODIS, utilizando tres sistemas de tratamientos para la desinfección de Agua Lluvia en la Comunidad San Ramón. https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/849/T.AMB.B.UEA.%20%203288.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SensorGO. (2020). ¿Cómo se puede determinar la calidad del agua? SensorGO. https://sensorgo.mx/calidad-del-agua/

SODIS Fundación. (2003). Desinfección solar del agua. Programa de agua y saneamiento.https://documents1.worldbank.org/curated/en/168331468316432586/pdf/463 490WSP0SPANISH01PUBLIC10Sodis.pdf

Spuhler, D. (2023). Desinfección solar (método SoDis) | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management! https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/manejo-seguro-en-el-hogar/desinfecci%C3%B3n-solar-%28m%C3%A9todo-sodis%29

Supo, J., & Zacarías, H. (2020). Metodología de la Investigación Científica: Para Las Ciencias de la Salud y Las Ciencias Sociales (Tercera edición, Vol. 1). Independently Published. https://books.google.com.pe/books?id=WruXzQEACAAJ

Valdivieso, A. (2020). ¿Qué son las aguas subterráneas? [Text]. iAgua; iAgua. https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-subterraneas

Vivar, M., & Fuentes, M. (2016). Using solar disinfected water: On the bacterial regrowth over 1-week of water usage including direct intake after sun exposure and long-term dark storage. Solar Energy, 131, 138–148.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Pascual Alvino, R. (2025). *Comparación de la eficacia del Método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (Tereftalato de Polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea, Ucayali - 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. http://…

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DEL MÉTODO SODIS CON DIFERENTES TAMAÑOS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO (*TEREFTALATO DE POLIETILENO*) PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es la diferencia en la eficacia del método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea, Ucayali, 2024?	Comparar la eficacia del método SODIS con diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua subterránea.	H1: La eficacia del método SODIS difiere al usar diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua residual. H0: La eficacia del método SODIS no difiere al usar diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno) para la recuperación de la calidad del agua residual.	**Variable de calibración** Método SODIS • Tamaño de botella **Variable evaluativa** Calidad del agua subterránea **Parámetros fisicoquímicos** • pH • Oxígeno disuelto • Conductividad eléctrica • Sólidos Disueltos Totales • Fosfato • Nitrato • Turbidez • DBO5 • DQO **Parámetros microbiológicos** • Microorganismos Aerobios Viables • Coliformes totales • Escherichia Coli • Staphylococcus • Vibrio cholerae	**Tipo**: Experimental, Longitudinal, Analítico y prospectivo **Enfoque**: Cuantitativo **Alcance o nivel:** Aplicativo **Diseño**: Experimento verdadero **Población de estudio**: Agua subterránea de la zona **Muestra:** La investigación estuvo conformada por una muestra de 3 L. y 2.L. de agua subterránea
Problemas específicos	**Objetivos Específicos**			
¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024? ¿Cuáles son los parámetros microbiológicos del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024?	Describir los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024 Describir los parámetros microbiológicos del agua subterránea luego de la aplicación del método SODIS en dos diferentes tamaños de botellas de plástico (tereftalato de polietileno), Ucayali, 2024			

	• Salmonella • Mohos y levaduras

ANEXO 2

RESULTADOS DE LABORATORIO – PRE TEST

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiologia General
Tingo Maria

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°:

Muestra : Agua de pozo
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 05/08/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)
- pH

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	26 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	210 NMP/100ml	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	75 NMP/100ml	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Presencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Presencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Presencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	6 x 10^3 UFC/ml	1 x 10^3 UFC/ml
- pH	6.5	6.5 – 8.5

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no es apta para consumo directo por tener una elevada carga de microorganismos aerobio viables (heterótrofos), *Coliformes totales, Escherichia coli, Staphylococcus*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella* y mohos y levaduras (fungi) que exceden los límites máximos permisibles. Se sugiere aplicar tratamiento de ebullición (100ºC por 10 minutos) para su consumo de lo contrario realizar a un proceso de cloración (cloro granulado 60 g, cloro en tabletas 200 mg, o cloro en solución 1 L, para 20 m^3 de agua) que permitiría su consumo.

Tingo María, 11 de setiembre del 2024

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiologia General

POST TEST UNIDAD 1

MICROBIOLÓGICO, 3 LITROS

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 1 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	6 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	1 x 10^3 UFC/ml	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobios viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100°C para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

POST TEST UNIDAD 2

MICROBIOLÓGICO, 3 LITROS

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 2 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

***RESULTADOS*:**

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	8 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	1 x 10^3 UFC/ml	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobios viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100ºC para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 3

Microbiológico, 3 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 3 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	4 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	1 x 10^3 UFC/ml	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobio viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100ºC para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 4

Microbiológico, 3 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 4 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	5 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	Ausencia	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobio viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100ºC para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 1,

Microbiológico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 1 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	4 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	Ausencia	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobio viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100ºC para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA EPIA

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 2

Microbiológico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 2 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	3 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	1 x 10^3 UFC/ml	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobio viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100ºC para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 3

Microbiológico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 3 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	5 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	Ausencia	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobio viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100ºC para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 4

Microbiológico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 33007018

Muestra : Agua de pozo de 4 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Numeración de microorganismos Aerobios Viables (NMAV)
- Número más probable *Coliformes totales* (NMP)
- Número más probable de *Escherichia coli* (*NEc*)
- Investigación de *Staphylococcus*
- Investigación de *Vibrio cholerae*
- Investigación de *Salmonella*
- Numeración *de* mohos y levaduras (NML)

RESULTADOS:

Análisis Microbiológico	Valor Obtenido	Valor referencial ECA
- Numeración de microorganismos Aerobios Viables	4 x 10^3 UFC/ml	2 x 10^3 UFC/ml
- Número más probable *Coliformes totales*	Ausencia	50 NMP/100ml
- Número más probable de *Escherichia coli*	Ausencia	20 NMP/100ml
- Investigación de *Staphylococcus*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Vibrio cholerae*	Ausencia	Ausencia
- Investigación de *Salmonella*	Ausencia	Ausencia (25 ml)
- Numeración *de* mohos y levaduras	1 x 10^3 UFC/ml	1 x 10^3 UFC/ml

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo no está dentro de los rangos permisibles por tener una elevada carga de microorganismos aerobio viables (heterótrofos), tiene que entrar a un proceso de ebullición de 10 a 15 minutos por 100ºC para su consumo.

Tingo María, 1 de octubre del 2024

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcbigo.Btenigo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 1

Fisicoquímico, 3 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo Nº: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 1 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.8 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	1480 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	780 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.890 NTU	100 NTU
Temperatura	29.7 °C	Δ3 °C
pH	7.66	6.5 - 8.5
DBO_5	3 mg/L	3 mg/L
DQO	10 mg/L	10 mg/L

****(ECA) DS-004-2017-MINAM***

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 2

Fisicoquímico, 3 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo N°: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 2 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.6 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	1482 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	784 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.892 NTU	100 NTU
Temperatura	29.6 °C	Δ3 °C
pH	7.68	6.5 - 8.5
DBO_5	3 mg/L	3 mg/L
DQO	9.8 mg/L	10 mg/L

****(ECA) DS-004-2017-MINAM***

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 3

Fisicoquímico, 3 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo N°: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 3 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.5 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	1470 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	788 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.894 NTU	100 NTU
Temperatura	29.5 °C	Δ3 °C
pH	7.67	6.5 - 8.5
DBO_5	2.5 mg/L	3 mg/L
DQO	9.5 mg/L	10 mg/L

****(ECA) DS-004-2017-MINAM***

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 4

Fisicoquímico, 3 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo Nº: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 4 al 4 de 3 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.2 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	1455 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	775 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.895 NTU	100 NTU
Temperatura	29.7 °C	Δ3 °C
pH	7.7	6.5 - 8.5
DBO_5	2.8 mg/L	3 mg/L
DQO	9.7 mg/L	10 mg/L

***(ECA) DS-004-2017-MINAM**

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcbigo.Btcnigo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 1

Fisicoquímico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo N°: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 1 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.6 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	764 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	402 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.687 NTU	100 NTU
Temperatura	29.5 °C	Δ3 °C
pH	6.56	6.5 - 8.5
DBO_5	3 mg/L	3 mg/L
DQO	9.8 mg/L	10 mg/L

****(ECA) DS-004-2017-MINAM***

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Universidad Nacional Agraria de la Selva LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA EPIA

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 1

Fisicoquímico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo Nº: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 2 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.8 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	780 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	404 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.689 NTU	100 NTU
Temperatura	29.4 °C	Δ3 °C
pH	6.58	6.5 - 8.5
DBO_5	2.9 mg/L	3 mg/L
DQO	9.5 mg/L	10 mg/L

****(ECA) DS-004-2017-MINAM***

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 3

Fisicoquímico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo N°: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 3 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.7 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	775 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	404 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.690 NTU	100 NTU
Temperatura	29.3 °C	Δ3 °C
pH	6.57	6.5 - 8.5
DBO_5	2.7 mg/L	3 mg/L
DQO	9.3 mg/L	10 mg/L

****(ECA) DS-004-2017-MINAM***

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

Post Test Unidad 3

Fisicoquímico, 2 litros

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Recibo N°: 33007018

Diagnóstico Fisicoquímico

Muestra : Agua de pozo de 4 al 4 de 2 L
Procedencia : Distrito de Padre Abad, provincia 'de Padre Abad, departamento de Ucayali
Atención a : Rusell Yoel Pascual Alvino
Fecha recepción : 23/09/2024
Análisis solicitados :

- Oxígeno disuelto
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Fosfato
- Nitrato
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- DBO5
- DQO

RESULTADOS:

Análisis fisicoquímico	*Resultado*	*Valor Referencial **
Oxígeno disuelto	5.5 mg/L	≥ 6 mg/L
Conductividad eléctrica	758 µS/cm	1500 (µS/cm)
Sólidos disueltos totales	406 mg/L	1000 mg/L
Fosfato	0.01 mg/L	0.1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	50 mg/L
Turbidez	0.691 NTU	100 NTU
Temperatura	29.1 °C	Δ3 °C
pH	6.55	6.5 - 8.5
DBO_5	3 mg/L	3 mg/L
DQO	9.3 mg/L	10 mg/L

****(ECA) DS-004-2017-MINAM***

CONCLUSIONES:

La muestra procesada de agua de pozo está dentro de los rangos permisibles para los parámetros fisicoquímicos.

Tingo María, 1 de octubre del 2024.

Dr. Mcblgo.Btcnlgo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General

ANEXO 3

PANEL FOTOGRÁFICO

Presentación de materiales a usar en la ejecución del proyecto de investigación.

Se procedió a lavar los materiales de las ocho botellas de 3L y 2L…….

El siguiente paso después del lavado fue dejarlo al sol 10 minutos para los envases se secarán por completo.

Seguidamente después del secado de las botellas nos dirigimos al pozo donde está el agua subterránea.

Avistamiento del pozo de agua subterránea una vez llegado al lugar.

Seguidamente procedimos a llenar todas las botellas tanto de 3L y 2L.

Una vez terminado el llenado de las botellas proseguimos a tomar el papel aluminio para llevarlos al techo de las calaminas y dejarlos al sol.

Como se puede observar respectivamente las botellas quedaron de esa forma tanto de 2L y 3L lo dejamos por 6 horas a un grado de calor que variaba 31° entre 34° según la medición del clima en la ciudad de Aguaytía.

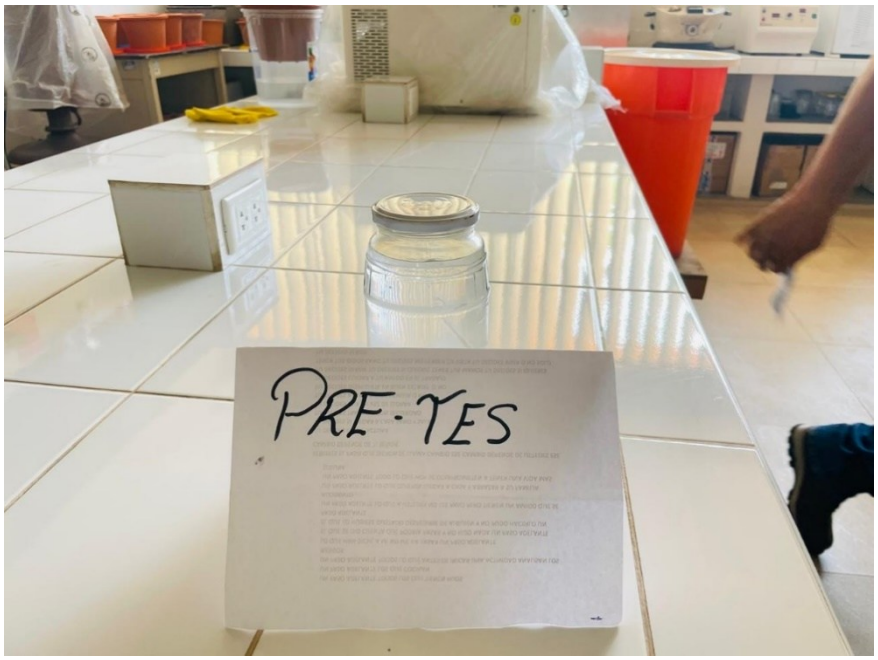
Grados de calor tomados del día de la ejecución del proyecto según el SENAMHI.

Inmediatamente después del recojo de las calaminas procedí al rotulado y etiquetado de las muestras para evitar la confusión de las muestras

Después procedí a echar los líquidos a los recipientes esterilizados brindados por la universidad de Tingo María para llevarlos al laboratorio.

Muestra sacada del Pre Test una semana antes

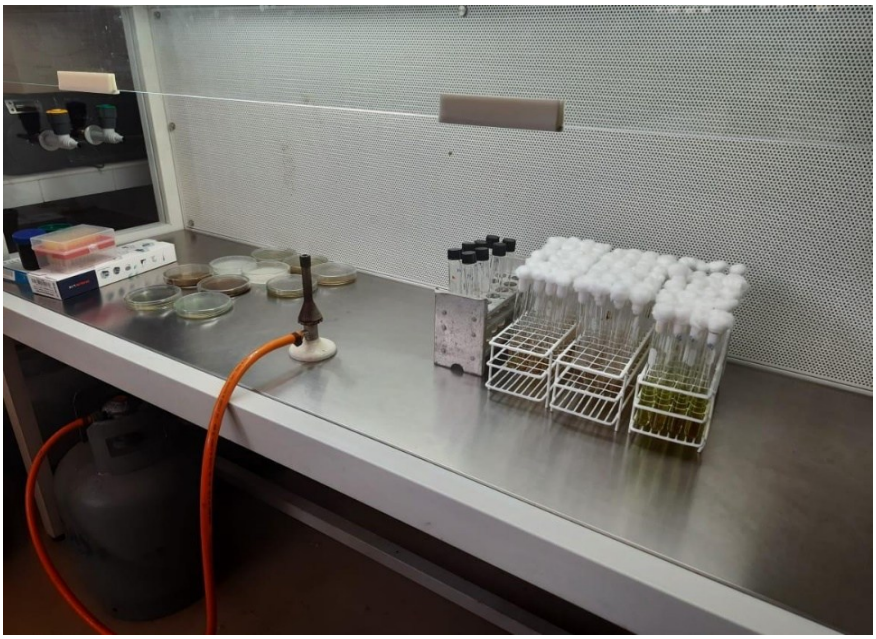
Mi madre persona quien me apoyo durante la ejecución con la filmación del video.



Muestra tomada del Pre test en el laboratorio de la Universidad de Tingo María.

Muestra tomada del Post test de las ocho muestras tanto de las botellas de 3 L. y 2 L. en el laboratorio.

Muestras listas para el sembrado y estudios tanto microbiológico y fisicoquímico.



Inicio del cultivo microbiano para su respectiva incubación lo cual los resultados salieron después de 8 días.

ANEXO 4
MAPA DE UBICACIÓN