

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“EFICACIA DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN SOLAR EN LA
REDUCCION DE CONTENIDO MICROBIOLÓGICO DE CUERPOS DE
AGUA SUPERFICIAL”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Asencios Minaya, Jhonn Atilio

ASESORA: Cuba Tello, María Vanessa

HUÁNUCO – PERÚ

2022

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

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: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

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): 72137336

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41273158

Grado/Título: Magister en gestión integrada en seguridad,
salud ocupacional y medio ambiente

Código ORCID: 0000-0002-1799-3542

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Vasquez Baca Yasser	Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002- 7136-697X
2	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001- 9180-7405
3	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002- 2250-3288

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 19:15 horas del día 16 del mes de junio del año 2022, 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** mediante la plataforma Google Meet integrado por los docentes:

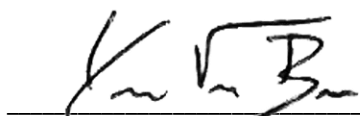
- Mg. Yasser Vásquez Baca (Presidente)
- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Secretario)
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N°1028-2022-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **“EFICACIA DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN SOLAR EN LA REDUCCION DE CONTENIDO MICROBIOLÓGICO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL”**, presentado por el **Bach. Jhonn Atilio ASENCIOS MINAYA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

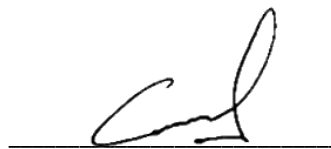
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas, procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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 **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **15** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47)

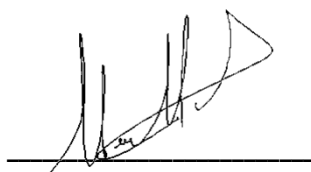
Siendo las 19:55 horas del día 16 del mes de junio del año 2022, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

A Dios, por su maravillosa bondad y amor infinito por permitirme encontrar el camino en el trajín del día a día, el cual con su presencia espiritual me brinda fortaleza.

A la mujer que me crio desde que tenía solo 15 días de nacido, mi abuelita, mi madre mi vida Graciela Maguiña, que desde el olimpo ilumina y guía mi andar por la vida.

A mi tía Vilma, que con sus palabras de aliento y respaldo incondicional que me ayudaron a la culminación de esta hermosa carrera.

A mis hermanos(a), Graciela, Néstor y Gustavo, que fueron inculcadores disciplinarios en el mundo de la ingeniería.

A mis tías, Jesús, Aidita, Alicia, Yolanda, Rosita, por haber compartido momentos de importantes en mi formación profesional siempre brindándome un apoyo emocional y bienestar.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios por la vida, por la bendición que me brinda y por darme la fuerza para seguir adelante.

El amor recibido, la dedicación de cada día y preocupación de mi madre Vilma Asencios Maguiña, por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único sin ella todo no hubiera sido posible.

Agradezco a la vida por este nuevo triunfo, y a todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4. OBJETIVO GENERAL	17
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
CAPÍTULO II	19
MARCO TEORICO	19
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	22
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. DESINFECCIÓN DEL AGUA	23
2.2.2. EFECTOS DE LA RADIACIÓN UV-A Y DE LA TEMPERATURA.	
24	
2.2.3. CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.....	24
2.2.4. EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN.....	25
2.2.5. DESINFECCIÓN DEL AGUA CON ENERGÍA SOLAR	26
2.2.6. ENERGÍA SOLAR	26

2.2.7. DESINFECCIÓN SOLAR	27
2.2.8. MECANISMOS DE DESINFECCIÓN UV	27
2.2.9. CRECIMIENTO MICROBIANO	28
2.2.10. TÉCNICAS DE CONCENTRACIÓN	28
2.2.11. CALIDAD DEL AGUA	29
2.2.12. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA.....	30
2.2.13. ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS.....	31
2.2.14. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA	33
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	33
2.4. HIPÓTESIS GENERAL	34
2.5. VARIABLES.....	34
2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN	34
2.5.2. VARIABLES EVALUATIVA	34
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	35
CAPÍTULO III	36
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.1.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	36
3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	36
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.2.1. POBLACIÓN	37
3.2.2. MUESTRA.....	37
3.3. UBICACIÓN EN EL ESPACIO Y TIEMPO	37
3.4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	38
3.4.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	40
3.5. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	41
3.6. ASPECTOS ÉTICOS.....	41
CAPITULO IV.....	42
RESULTADOS.....	42
4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO	42

4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL	50
CAPITULO V.....	53
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Enfermedades relacionadas con bacterias presentes en el agua. .	32
Tabla 2	Matriz de Operacionalizacion de variables.....	35
Tabla 3	Los puntos de monitoreos.....	37
Tabla 4	Niveles de Factores.	39
Tabla 5	Matriz de Experimentos (Taguchi)	40
Tabla 6	Parametro de la conductividad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	42
Tabla 7	Parametro de los sólidos totales según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	43
Tabla 8	Parametro de la turbiedad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	44
Tabla 9	Parametro del color según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	45
Tabla 10	Parametro del pH según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	46
Tabla 11	Parametro coli T según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	47
Tabla 12	Parametro de la Coli Termotolerante según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	48
Tabla 13	Prueba de normalidad de los datos según Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.....	49
Tabla 14	Contrastación de la hipótesis de la Coli T y Coli termotolerante ...	50
Tabla 15	Contrastación de la hipótesis de los parámetros físicos y químicos	51

Tabla 16 Resultados en la eficacia respecto al cumplimiento de la categoría 3, Normativa DS. 004-2017-MINAM	52
Tabla 17 Matriz de Consistencia.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espectro de la luz solar.....	24
Figura 2 Rangos de longitud de onda.	25
Figura 3 Rompimiento de ADN	26
Figura 4 Parámetro de la conductividad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	42
Figura 5 Parámetro de los sólidos totales según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	43
Figura 6 Parámetro de la turbiedad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	44
Figura 7 Parámetro del color según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	45
Figura 8 Parámetro del pH según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	46
Figura 9 Parámetro de la coli T según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	47
Figura 10 Parámetro de la Coli Termotolerante según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.	48

RESUMEN

El presente trabajo tiene como **objetivo** principal, Evaluar la eficacia del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial. La **metodología** es de tipo experimental de nivel explicativo y con un diseño explicativo con la población constituida por el agua superficial (rio Huallaga), trabajando con una muestra de 60 litros de agua según colores PET (verde, blanco, transparente y negro) aplicados durante 8 horas diarias a temperaturas de 25 a 28 °C. los **resultados** muestran que los parámetros físicos no muestran cambios significativos siendo los valores establecidos en los Estándares de calidad ambiental. Asimismo, en cuanto a los parámetros microbiológicos tenemos los coliformes totales con una media por color que sobre pasa los estándares de calidad Ambiental aplicado el sistema no hay diferencia significativa. Del mismo modo los coliformes termo tolerantes. No se observan cambios significativos después del tratamiento. Finalmente, la Escherichia coli muestra presencia después de aplicar el sistema. Al finalizar la investigación se **concluye** se concluye que el proceso de desinfección solar no presento eficacia en la reducción del contenido microbiológico, ya que comparados los parámetros microbiológicos con lo establecido en la normativa ambiental vigente DS N° 004-2017-MINAM categoría 3, Estándares de calidad ambiental, estas no se encuentran dentro de los límites establecidos.

Palabras claves: Sistema, desinfección, parámetros, microbiológicos.

ABSTRACT

The main **objective** of this work is to evaluate the effectiveness of the solar disinfection system in reducing the microbiological content of surface water bodies. **The methodology** used in the study is that it is an experimental type study with an explanatory level and with an explanatory design with the population constituted by surface water (Huallaga river), working with a sample of 60 liters of water according to PET colors (green, white, transparent and black) applied for 8 hours a day at temperatures from 25 to 28 °C. **the results** show that the physical parameters do not show significant changes, being the values established in the environmental quality standards. Likewise, in terms of microbiological parameters, we have total coliforms with an average per color that exceeds the Environmental quality standards applied to the system, there is no significant difference. Similarly thermotolerant coliforms. No significant changes are observed after treatment. Finally, *Escherichia coli* shows presence after applying the system. At the end of the investigation, **it is concluded** that the solar disinfection process did not present efficacy in the reduction of the microbiological content, since the microbiological parameters were compared with what is established in the current environmental regulations DS N° 004-2017-MINAM category 3, Standards of environmental quality, these are not within the established limits.

Keywords: *System, disinfection, parameters, microbiological.*

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es determinar la eficacia del sistema de desinfección solar en la reducción del contenido microbiológico de aguas superficiales, se usó 60 litros de agua de 5 estaciones de monitoreo provenientes del río Huallaga. Se realizó un análisis previo en cada estación de monitoreo, en lo que se evaluó los parámetros microbiológicos y parámetros físicos de campo.

Para el proceso de desinfección solar se usaron 4 botellas lavadas y esterilizadas de diferentes colores para su exposición al sol, sobre una plancha de calamina durante su exposición solar durante 8 horas, el procedimiento se realizó diario por cada estación seleccionada, seguidamente de su exposición se llevó al laboratorio para su análisis físico químico y bacteriológico.

Para la determinación de la eficacia del sistema de desinfección solar se realizó la comparación de los parámetros antes y después del procedimiento de desinfección solar, y luego contrastar su cumplimiento con los parámetros establecidos en la normativa DS N° 004-2017-MINAM categoría 3. Se contrastó la ineficacia del sistema de desinfección solar, ya que sobre los parámetros microbiológicos no se observó una reducción y por ende no cumplió con lo estipulado en la normativa. Con respecto a los parámetros fisicoquímicos (Ph y Sólidos totales), si se encontraban dentro del rango estipulado en la normativa.

Con respecto al color de las botellas PET, estas no presentaron un cambio significativo en la reducción del contenido microbiológico y fisicoquímico, por lo que el uso de una botella transparente no influye en la eficacia del sistema de desinfección.

Siendo un estudio de nivel explicativo, se pretende conocer la efectividad de la desinfección del agua por radiación solar; lo cual implementa un sistema en la que se trabaja con botella de color PET (verde, blanco, transparente y negro) durante 8 horas diarias con una temperatura

promedio de 25 a 28 °C. Inicialmente se realiza el análisis físico y microbiológico del agua, encontrando alto niveles de turbiedad y algunos valores que sobrepasan los ECA, posterior a eso se aplican el sistema para realizar las comparaciones de cambios en los valores.

El estudio se estructura en cinco capítulos:

CAPITULO I: describe la situación problemática, formulación de la misma y objetivo.

CAPITULO II: elabora marco teórico considerando antecedentes, hipótesis y Operacionalización de variables.

CAPITULO III: redacta la metodología aplicada en el estudio

CAPITULO IV: redacta el análisis descriptivo e inferencial.

CAPITULO V: elabora la discusión, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El agua como elemento importante, sin ella no hay forma de vida. Se considera que el 80% de las patologías de todo el mundo son gracias a bacterias, virus, protozoos y parásitos, con las tasas altas de peligro hacia la salud, un tercio de las muertes causadas por agua potable no sana. Establece que más de 1.200 millones de domicilios no tienen sistemas de agua limpia, poniendo en grave riesgo su salud. (Moncada & Campos, 2003)

Igualmente, la OMS establece: el agua para su consumo no debería transmitirse por microorganismos, donde estas patologías en relación con esta son causa principal en muerte en todo el mundo. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2021).

Por tal, resulta necesario realizar la desinfección, incluyendo la supresión o control de microorganismos en el agua que logren influir de manera negativa a su calidad, incluyendo patologías por actividad microbiana. (Hooper, 1987)

Del mismo modo, el motivo subyacente que secunda la necesidad de desinfectar el agua para consumirse y uso doméstico es afirmar la inactivación (si está presente) de los patógenos humanos que transmite. Por consiguiente, el procedimiento conveniente la desinfección confiable del agua son intervenciones primordiales para la salud pública. (Garcia, 2010)

Con respecto a, la tecnología de desinfección solar del agua en una sola unidad (DSAUI) es un método eficaz para remover los microorganismos patógenos en el agua potable. Además, su virtud en este método es económico y simple de ejercer ahí donde se ocupe, solo necesita energía solar y se destruye de los procedimientos clásicos de purificación, hervir agua, etc., cuyo precio resulta fundamental para vivir en condiciones

inestables. Podría ser insoportable para los individuos. (Gagliano & Litter, 2003)

Este proceso se basa en elevar la temperatura del agua a un recipiente acondicionado la era suficiente para absorber el calor de la radiación solar. Dichos recipientes tienen la posibilidad de estar hechos de una pluralidad de materiales termoconductores, en todos los casos son negros porque absorben calor adecuadamente, en vez de los claros, que almacenan menos calor gracias a sus características reflectantes. Además, los colores oscuros tienen la posibilidad de precipitar el incremento térmico hídrico y conservar el calor. (Almanza & Gutierrez, 1994)

En cuanto a, los microorganismos patógenos son destruidos por la radiación ultravioleta (UV-A) en sinergia con la radiación infrarroja (IR) de temperaturas concretas. Aunque el procedimiento no desinfecta el agua, puede borrar los microorganismos que ocasionan patologías graves como diarrea, infecciones del intestino y cólera. (Gagliano & Litter, 2003)

Es por ello, que las altas temperaturas poseen efectos significativos en microorganismos, células veganas fallecen gracias desnaturalización proteica e hidrólisis en demás elementos. En el agua, principalmente puede decirse que la mayor parte de las bacterias fallecen entre 40 y 100 grados, aunque en algas, protozoarios y hongos fallecen de 40 a 60 grados, pero varias bacterias poseen la función de esporular, que ayuda resistir el calor y deceso al medio 60°C. (Hooper, 1987)

En cuanto a, los límites de la (Organización Mundial de la Salud, 1988) acerca de cantidad coliformes fecales sobre el agua potable indican que se debería conseguir 0 CFU por 100 ml de esta para un procedimiento apropiado.

En las zonas urbanas peruanos, los niveles de contaminación del agua son elevados. Como ejemplo tenemos la posibilidad de citar el río Rímac, cuyas aguas poseen 4 veces la concentración de coliformes aceptada por (Organización Mundial de la Salud, 1988) No obstante, el

mayor problema sigue estando en las regiones rurales, puesto que si bien la red de drenaje cubre al 52% poblacional de la nación, solamente el 12% de los asentamientos rurales se favorecen de ella.

Dada esta problemática, se plantea la implementación del sistema de desinfección solar en el río Huallaga; planteándose la siguiente interrogante:

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ✓ ¿Cómo serán los parámetros Microbiológicos (Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, E. Coli) que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga antes de su tratamiento por el sistema de desinfección solar?
- ✓ ¿Cómo serán los parámetros Microbiológicos (Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, E. Coli) que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga después de su tratamiento por el sistema de desinfección solar?
- ✓ ¿Cuál será el color del recipiente mas eficaz después del tratamiento por el sistema de desinfección solar en la reducción del contenido microbiológico del agua superficial?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Agua y alimentos contaminados resultan relevantes transmisores bacterianos, virales o parasitarios. La carencia de saneamiento y los servicios de saneamiento inadecuado o deficiente son varias de las causas que la diarrea todavía es problema sanitario fundamental en naciones de pleno desarrollo. Además estos son relevantes, siendo elementales tácticas donde permitan su correcto desempeño. Los microorganismos que crecen

en el agua tienen la posibilidad de provocar patologías: cólera, fiebre, disentería, polio, hepatitis y salmonelosis.

A partir de un criterio metodológico, este estudio aspira entablar una fuente en las aguas del río Huallaga acerca del poder bactericida de los rayos ultravioleta, la evaluación se realizará usando el método SODIS el cual considera procedimientos de fácil aplicación y amigables con el medio ambiente.

El resultado de este estudio ayudara a determinar si el agua del río Huallaga, a través de los rayos ultravioleta podría disminuir algunos patógenos que se encuentran en ella. Además, esta directiva recomienda métodos y estrategias accesibles con el medio ambiente.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficacia del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar los parámetros físicos y químicos que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga antes de su tratamiento por el sistema de desinfección solar.
- ✓ Determinar los parámetros microbiológicos que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga después de su tratamiento por el sistema de desinfección solar.
- ✓ Identificar el color del recipiente más eficaz antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar en la reducción del contenido microbiológico del agua superficial

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

No existen restricciones para la ejecución investigativa, y el tesista tiene voluntad suficiente para asumir la responsabilidad de todas las acciones y actividades que puedan surgir durante la tesis y cree:

- ✓ Disposición informativa amplia del tema.
- ✓ Contar con presupuesto para el estudio.
- ✓ Investigadores de apoyo para el trabajo.
- ✓ conocimientos del autor sobre el estudio en cuestión.
- ✓ Determinar los parámetros biológicos que caracterizan el agua potable en el río Huallaga después del tratamiento gracias al sistema de desinfección solar.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Cacho y Mendoza (2017) México, en su trabajo titulado *Construcción y Diseño De Un Concentrador Solar Con Materiales De Bajo Costo, Para Desinfección De Agua Para Su Aplicación En Comunidades Marginadas* cuyo objetivo es describir los concentradores solares contruidos con elementos casuales y simple ingreso para purificar agua en el Pinalillo, San Miguel de Allende, Guanajuato. Además, en la metodología de averiguación se hizo una prueba putativa de los microorganismos patógenos coliformes fecales totales en la porción más posible según la regla oficial NMX-AA-042-1987 para revisar agua potable. Como consecuencia, pruebas realizadas con distintas variables, tiempo de exposición e inacción bacteriana. Del mismo modo, los resultados de la prueba fueron: el tiempo mínimo de exposición ha sido de 4 horas, la temperatura de la botella poseía que ser superior a 60 °C, el color del vidrio ensayado no ha sido relevante, debido a que los resultados fueron bastante semejantes para cada una de las botellas de colores. Así se pudieron esterilizar las muestras de agua residual debido a que no reaparecen microorganismos patógenos luego de más de 7 días. Concluyó: esta implementación termodinámica podría favorecer comunidades de bajos ingresos que no cuentan con agua potable, debido su simple composición, rentable y eficaz, de esta forma abordar las preocupaciones de salud pública. (Cacho y Mendoza, 2017)

Bermudes (2016) Ecuador, en su investigación que lleva por título *Desinfección Solar Para Abastecimiento De Agua De Consumo Humano A Nivel Domiciliario En El Sector De La Pereira, Parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, Provincia De El Oro* y tiene como

objetivo proponer la desinfección Solar SODIS se ofrece como elección al procedimiento del agua para el consumo del Sector Pereira perteneciente a Parroquia Avanzada del Cantón Santa Rosa, el método Sodis es apto para aguas con turbiedad menor a 30 NTU y necesita utilizar polietileno PET Botellas éster de tereftalato, capacidad 3lt máximos, llenas al 75% y oxigenadas por agitación a lo largo de 20 segundos, después llénelas por completo y colóquelas sobre una área reflectante en el techo o sobre un soporte en especial preparado para este procedimiento. Exposición a la luz solar a lo largo de 6 horas al día de 9 am a 3 pm para que logre recibir la mayor proporción solar, si está nublado, avanzar demostrando va estar exhibiéndose a lo largo de 2 días seguidos. Obteniendo los resultados donde las botellas fueron expuestas a un promedio de 852 W/m² de radiación solar. Además, las pruebas en agua tratada con el método Sodis mostraron una eliminación del 100% de coliformes fecales en días soleados o nublados, sin cambiar la química del agua. Y concluyó que el método es muy efectivo, no incurre en costos adicionales, es muy simple de usar y se recomienda usar de acuerdo con el método correcto, si está muy turbia, debe usarse una filtración alternativa (Bermudes, 2016).

Cordova (2016) Mexico, en su estudio titulado *Desinfección Y Remoción De Arsénico Del Agua Por Fotocatálisis Heterogénea* del cual se desprende el objetivo analizar la Viabilidad de prolongar un proceso fotocatalítico (PET) heterogéneo a escala de botella a tubos de plástico bajo luz solar en presencia de hierro para la desinfectar y supresión simultáneas de arsénico. Para eso, en la metodología de averiguación se usaron botellas PET y tubos plásticos impregnados con (TiO₂) Aeróxido P25, donde investigó cambios en los límites: pH, exposición, concentraciones Fe (III) y As(III) Los fotocatalizadores (TiO₂) se han destacado por medio de una diversidad de técnicas que integran (SEM), (TEM) y difracción de relámpagos X para entender su estructura inorgánica y tamaño de partícula. Simultáneamente, se caracterizó la fuente de agua usada. Luego optimizó la impregnación con 3 agentes, ácido perclórico, cítrico y acetato de sodio, el

procedimiento idóneo ha sido el perclórico. resultados presentan: TiO_2 Aeroxide P25 se compone primordialmente por etapa foto catalítica anatasa (80%), que es con más actividad fotocatalítica. Además, cualificación del agua demostró concentraciones arsénicas y fluorhídricas por encima en reglas mexicanas y mundiales, ausencia de hierro en concentraciones mejores a 0.2 mg/L, que indica requerir aumentar los compuestos: cloruro férrico. Referente división arsénica y la desinfección enseña estas condiciones positivas: concentrado en solución impregnada TiO_2 al 5%, [Fe (III)]: 15,5 mg/L, [As (III)]: 160 $\mu\text{g/L}$, exposición t: 140 min. Consigue tasas de remoción menores a las reglamentaciones mexicanas e internacionales (OMS) con 98% de remoción arsénica y >99% de desinfección. En resumen, el proceso fotocatalítico heterogéneo en sales férreas mostró ser óptimo procedimiento en la oxidación y remoción de arsénico del agua, así como para la desinfección (Cordova, 2016).

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Mio (2020) Chiclayo, cuya investigación se titula *experiencias de las madres en la desinfección solar del Agua para consumo humano centro poblado menor de Callanca – monsefú, 2018*, con el propósito de describir, analizar y comprender las experiencias de las madres en la desinfección solar de agua para consumo humano. Para ella, uso la metodología de saturación para decidir la muestra como técnica de recolección de datos en entrevistas semiestructuradas. Los datos fueron procesados según estudio de contenido para obtener 4 categorías: A) aprendizaje del método SODIS por medio de Organización no gubernamental y cursos educativos B) métodos para que la mamá aplique el procedimiento SODIS, obteniendo los próximos resultados, destruyendo bacterias y virus patógenos. Inactiva los próximos microorganismos. No obstante, desconoce desactivación de quistes y esporas por medio de desinfección solar hídrica. La devastación requiere calor fuerte (hervir o pasteurizar). Estos microorganismos poseen susceptibilidad particular hacia el calor;

muerte por el mismo para la ameba y los quistes de Giardia es de 57°C (1 minuto de exposición a la luz solar). También, la mayor parte de patógenos que atacan son tan débiles que no tienen la posibilidad de reproducirse y fallecen fuera del cuerpo. Y se concluyó que la vivencia de la mamá de desinfectar el agua con luz solar ha sido beneficiosa por el impacto sinérgico de la luz solar para remover patógenos microbianos y minimizar patologías diarreicas (Mio, 2020).

Araujo y Benito (2017) Huancavelica, con su investigación titulada *Niveles de contaminación microbiana en agua para consumo humano, en el sector Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica, 2017*. El propósito ha sido establecer el grado de contaminación microbiana en agua de consumo humano en el sector de Sequia Alta de Huancavelica, Santa Bárbara, en el año 2017. Los materiales y procedimientos para la investigación del agua consistieron en 10 muestras de agua para consumo humano, tomadas de diferentes puntos de vista: 1 captación, 2 embalses y 7 grifos. La indagación corresponde a tipos básicos, niveles descriptivos y procedimientos de inducción, deducción y estadística, el método corresponde al inductivo deductivo y estadístico; se usan técnicas de recolección de datos para orientar la observación instrumental de los resultados Muestra 1, región de captación (paltamachay) 2.8 Contaminación microbiana promedio; Muestra 2, el sector del reservorio es la misma que 1.1 contaminación Microbiana Promedio y Muestra 3, Contaminación Microbiana Promedio en Área de Grifo ha sido 0.6, Conclusiones En Separación Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica - Número total de muestras de agua accesibles para consumo humano en 2017. Muestran microorganismos patógenos que sobrepasan los parámetros máximos permisibles por las reglas de calidad del agua para consumo humano (Araujo y Benito, 2017).

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Morales (2019) Huánuco en su estudio titulada *“Diseño De Un Concentrador Solar Para Desinfección De Agua Para Consumo*

Humano En El C.P. De Casha, Distrito Santa María Del Valle, Huánuco 2019" Cuya metodología empleada investigación aplicada, experimental, longitudinal y analítica de enfoque cuantitativo, donde su población fue constituida por 15 viviendas totales del sector mencionado en el título; su muestra consta 30 partes 500 ml cada una. Los resultados mostraron que las fronteras microbianos de 15 muestras conseguidas antecedente en mediación del concentrador solar, que observaron coliformes totales, termotolerantes y bacterias heterótrofas, fueron indicador en contaminación fecal, debido a que generan patologías diarreicas, por lo cual no son aptas para el consumo humano. Frente a este caso, escogió diseñar un concentrador solar para poder hacer agua apta para el consumo humano, el cual es necesaria para la vida humana. Luego se aplicó un concentrador solar al C.P de Casha, teniendo presente la temperatura ambiente, el termosifón y el alambique solar se obtuvo un resultado microbiano negativo, cero. Y concluyó que al examinar los límites de coliformes totales se verificó existente un error típico de 1.155 con un valor relevante [$t=3.464$, $p=0.004$], rechazando la hipótesis nula, lo cual lleva al uso de concentradores solares para en efecto remover microorganismos y conseguir agua potable correcta para humanos. De igual manera, con los parámetros de los coliformes termotolerantes con error típico de 1,195 y valor significativo [$t=5,464$, $p= 0,009$], y finalmente el parámetro de bacterias heterogéneas muestra un error típico de 1,104, que es un valor significativo [$t = 5,196$, $p = 0,000$]; De esta forma se puede determinar que el concentrador solar es efectivo en el tratamiento de la porción microbiana del agua destinada al uso humano. (Morales, 2019).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. DESINFECCIÓN DEL AGUA

Es eliminar microorganismos presentes en el agua donde pueden contaminar su potabilidad y causar enfermedades debido a la actividad microbiana. Debemos prestar atención a la diferencia entre

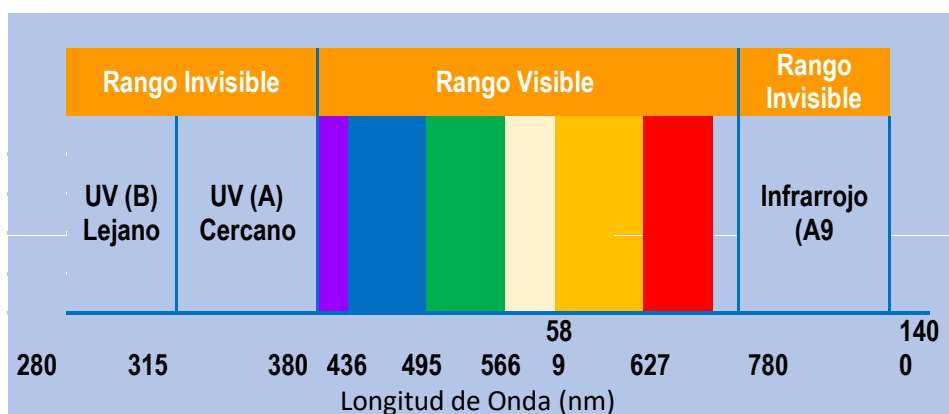
esterilización y desinfección, esta última destruye todos los seres vivos. (Hooper, 1987).

2.2.2. EFECTOS DE LA RADIACIÓN UV-A Y DE LA TEMPERATURA.

En cuanto a rayos ultravioleta UV-A, poseen un impacto bactericida, y siguiente son los infrarrojos que incrementan temperatura hídrica. También, la utilización entrelaza UV-A y calor crea impacto sinérgico para eficiencia en el proceso. Guía Desinfección Solar del agua (Meierhofer y Wegelin, 2003).

Figura 1

Espectro de la luz solar



2.2.3. CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

(UV) ("más allá del violeta"), la luz visible (Vis) y la radiación infrarroja (IR) forman parte del campo óptico del espectro electromagnético. La luz ultravioleta tiene una longitud de onda más corta que la región visible, pero más larga que un rayo X suave. La UV se subdivide en UV cercana (370-200nm de longitud de onda) y UV extrema o de vacío (200-10nm). Teniendo en cuenta el impacto de la radiación UV en la salud humana y el medio ambiente, los rayos UV generalmente se subdividen en UVA (380-315nm), también populares

como de onda larga o "luz negra" (invisible a simple vista), UVB (315-280 nm), también conocido como onda media y UVC (< 280 nm), También conocido como onda corta o "bactericida". Ciertos animales, incluidos pájaros, reptiles e insectos como las abejas, tienen la capacidad de ver en luz ultravioleta cercana. Muchas frutas, flores y semillas, así como plumas de aves, se destacan en la región UV. El espectro visible es una pequeña parte del espectro electromagnético. Además, cualquier energía generada en esta estrecha banda produce sensaciones visuales una vez estimulada por el ojo humano promedio. El siguiente gráfico muestra el rango de longitud de onda (en nm) para los diferentes colores. (Fontal, 2005).

Figura 2.

Rangos de longitud de onda.

Rojo	630 - 760 nm	Azul	440 - 490
Naranja	590 - 630	Indigo	420 - 440
Amarillo	560 - 590	Violeta	380 - 420
Verde	490 - 560	Purpura	No un color espectral puro.

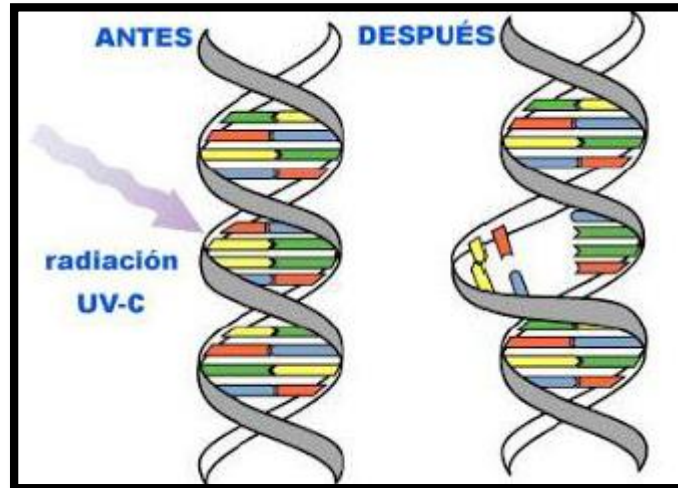
Nota: tomado de Bernardo Fontal, 2005

2.2.4. EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN

El ADN tiene la propiedad de estar presente en los núcleos moleculares de microorganismos, absorbe rayos ultravioleta y genera el impacto de eliminar la cadena de aminoácidos de las proteínas, ocasionando la interrupción del metabolismo, perjudicando su mecanismo reproductivo, llevando a cabo de esta forma su inactivación, eliminando sus características productoras de patologías y de incremento microbiano. Uno de los más importantes beneficios del uso rayo ultravioleta para desinfectar es que no se usan productos químicos de ningún tipo. (Fontal, 2005).

Figura 3.

Rompimiento de ADN.



Nota: tomado de Escalar sistemas corporativos

2.2.5. DESINFECCIÓN DEL AGUA CON ENERGÍA SOLAR

La desinfección del agua desde la energía solar es una opción practicada por muchas comunidades a partir de la antigüedad. Para eso, usaron los principios que convierten el agua en la naturaleza, y los aplicaron a pequeños sistemas que aprovechan los cambios de temperatura para retirar gradualmente el agua y limpiar su contaminación. (Restrepo, Sánchez, 2007). A principios de los 80's, científicos libaneses descubrieron que la radiación solar puede desinfectar el agua. Sin embargo, este descubrimiento no se desarrolló sino hasta los 90's, cuando el (EAWAG) decidió desarrollarlo. Se hizo un equipo multidisciplinario y este concepto fue puesto a prueba para su aplicación real. Los análisis demostraron que era efectivo, amigable con la salud y accesible. (Fundación SODIS, 2015).

2.2.6. ENERGÍA SOLAR

Se puede definir como estrella emitiendo luz y calor. El sol como esfera incandescente con radio 695.000 km, una rotación de 25 a 36

días. La postura nuclear surge debido altas temperaturas que prevalecen en él. Los protones en el núcleo de hidrógeno se liberan y luego se agrupan como partículas alfa, convirtiendo la masa restante en energía. Esta energía se transporta por convección a la periferia exterior del sol, donde se libera en forma de calor y luz, llegando a nuestro mundo y posibilitando la vida en la Tierra. (Madrid, 2009).

2.2.7. DESINFECCIÓN SOLAR

Un dispositivo que se incrementa la magnitud de la energía solar sobre un área absorbente se denomina concentrador, y gracias a su abertura, el área recibirá solo el flujo solar. La concentración de radiación solar centra el flujo incidente en un absorbedor cuya área es mucho menor que el sector de apertura. (Almanza, 1994)

Igualmente, la primordial virtud de los concentradores sobre los colectores planos es un mayor flujo de energía por unidad de área de absorción y, por consiguiente, una menor pérdida de calor debido al área de absorción más pequeña y, por consiguiente, a temperaturas más altas, mayor a 200 °C. Hay concentradores fijos con concentraciones que varían entre 1 y 10 veces la radiación habitual, y concentradores con mecanismos de seguimiento y curvatura geométrica bastante estricta, con interrelaciones de concentración que van de 10 a 3000 (Blanco, 1991).

Actualmente, más de 2000 instalaciones en el continente Europeo usan luz ultravioleta para desinfectar el agua potable y más de 1000 en los Estados Unidos (USEPA, 1996).

2.2.8. MECANISMOS DE DESINFECCIÓN UV

2.2.8.1. Dimerización de ADN

Los microorganismos son inactivados por la luz ultravioleta debido a la disfunción fotoquímica en sus ácidos nucleicos. La luz ultravioleta es absorbida por los nucleótidos, los componentes

básicos del ADN y el ARN celulares, dependiendo de la longitud de onda, con un máximo entre 200 y 260 nm (Sonntag y Schuchmann, 1992). La luz ultravioleta absorbida promueve la formación de enlaces entre nucleótidos adyacentes, lo que conduce a la formación o dimerización de biomoléculas (Jäger, 1967).

2.2.8.2. Mecanismos de reparación

La foto dimerización de tiaminas adyacentes por absorción UV de ácidos nucleicos puede revertirse por medio de una enzima fotoreactivable que usa luz entre 300 y 500 nm para activar la partición de dímeros. Otras transformaciones de ácidos nucleicos inducidas por UV (incluidos los dímeros conformados por citosinas) no tienen la posibilidad de repararse excepto por medio de un mecanismo de compostura oscuro que extirpa la parte de ácido nucleico completo y usa el pedazo complementario no dañado como plantilla para la compostura y el reemplazo. (Lindenauer y Darby, 1994).

2.2.9. CRECIMIENTO MICROBIANO

El incremento celular se define como el crecimiento ordenado de todos los elementos químicos, lo cual resulta en un crecimiento de la estructura y composición celular.

Los nutrientes que se requieren en grandes porciones se llaman macronutrientes, en lo que los micronutrientes se requieren en microcantidades. El primero tiene C, H, O, N (el de mayor contenido), P, S, K, Ca, Fe, Na, y el segundo puede nombrar Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Se, W, V, Zn. (Araujo, 2019).

2.2.10. TÉCNICAS DE CONCENTRACIÓN

Al detectar patógenos como virus o protozoos en el agua potable o en procesos de potabilización, se usan filtros específicos para

concentrar gigantes volúmenes de agua, dando como consecuencia una muestra más representativa.

La primordial limitación de dichos filtros de concentración es la necesidad de usar diferentes filtros dependiendo del microorganismo (protozoo, virus o bacteria), las tasas de recuperación son principalmente bajas y los precios elevados (Andueza, 2014).

2.2.11. CALIDAD DEL AGUA

Se especifica con base a un grupo variable de características fisicoquímicas o microbiológicas del agua, y su costo de asentimiento o rechazo. La calidad "fisicoquímica" del agua se refleja en la decisión de sustancias químicas concretas que tienen la posibilidad de dañar la salud. (OMS, 2006)

Del mismo modo, la calidad microbiana se fundamenta en la identificación de esos microorganismos que tienen la posibilidad de dañar de manera directa al ser humano o, por su presencia, tienen la posibilidad de indicar la viable presencia de otros microorganismos como coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella*.

Van a ser aptos para el consumo humano esas aguas que cumplan con los criterios mínimos predeterminados para el grupo de límites indicadores considerados, los cuales se acaparan para la ingestión, preparación de alimentos, lavado de vajilla, limpieza personal y otros artículos del hogar. (Organización Panamericana de la Salud, "Calidad del Agua en Costa Rica: Situación y Perspectivas", 2003)

En cuanto a, la contaminación por aguas residuales domésticas e industriales, la deforestación y la utilización inadecuada de la tierra disminuyen de manera significativa la disponibilidad de agua. En la actualidad, una cuarta parte de los habitantes del mundo, la mayor parte de la cual habita en territorios en desarrollo, sufre escasez aguda de agua y patologías en relación con la contaminación que matan a

bastante más de "10 millones" de individuos todos los años. (OPS, 1993).

2.2.12. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA

- **Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua:** Los cambios en "el uso" de la tierra sobre la calidad del agua fueron de manera considerable evidenciados. Además, estos estimulan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios catastróficos de la calidad y sobremanera la porción del agua, prácticamente al uso potable. (Mitchell y otros, 1993).
- **La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua:** La ganadería pertenece a los usos más frecuentes de la tierra y tiene un efecto en la calidad del 'agua'. Una vez que se muestra el sobrepastoreo, es un impacto bastante deletéreo a partir de la perspectiva química y bacteriológica. Este impacto suele suceder en sitios con mucha precipitación, fuertes pendientes y alrededor de fuentes de agua. Los contaminantes de estas superficies son empujados instantánea y de forma sencilla a los cuerpos de agua. Los impactos más pronunciados ocurren una vez que estas fuentes de agua carecen de la cubierta vegetal o región de amortiguamiento que las salvaguarda, debido a que estas corrientes tienen la posibilidad de arrastrar microorganismos, nutrientes, patógenos y rígidos en suspensión. (Brooks et al., 2013)
- **La agricultura y su influencia en la calidad del agua:** La agricultura es una de las ocupaciones más frecuentes en el planeta, en especial en las regiones rurales. Su efecto en la calidad del agua es primordial. En torno al 70% de los recursos hídricos de todo el mundo se aplican para la agricultura gracias a la erosión y la escorrentía química, que son los primordiales contribuyentes a la degradación del agua.

- **Actividades humanas:** La utilización inadecuada de la tierra por parte de las personas, la deforestación, es la primordial causa del caudal de los ríos. O sea, se refleja en una descarga más inmediata del agua y su calidad.

2.2.13. ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

Basado en los resultados conseguidos de las pruebas epidemiológicas en estudios anteriores, los microorganismos patógenos (mencionados a continuación) que se hallan presentes en el agua de los arroyos se piensan un "peligro" para la "salud humana", no solo pues su consumo además podría ser otras vías de exposición, como como tracto respiratorio.

Microorganismos patógenos comunes presentes en agua:

Hay varios microorganismos patógenos en el agua contaminada que consumen los humanos, que tienen la posibilidad de influir a la población, y el grado de peligro puede alterar según diferentes componentes como la edad de los clientes y la proporción de agua que beben. Además, es fundamental rememorar que el contagio de patologías no únicamente se da por consumo directo, sino que además puede verse perjudicado si una persona tiene cualquier tipo de contacto o si inhala las diminutas gotitas presentes a lo largo de la evaporación, que tienen la posibilidad de llegar a contener dichos microorganismos.

Peligros microbianos relacionados con el consumo de agua:

Comúnmente, dichos tipos de microorganismos se propagan desde personas infectadas o de las heces excretadas por ciertos animales, lo cual da como consecuencia la contaminación de los cuerpos de agua y abastecimientos para determinados domicilios. Como se muestra en la siguiente figura, basado en los microorganismos y sus concentraciones, establece los tipos de patologías que una persona puede tener. (Instrucciones para la Verificación de la Calibración del Turbidímetro, 2010)

Tabla 1*Enfermedades relacionadas con bacterias presentes en el agua.*

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Salmonella tipi.	Heces, orina	7-28 días	5-7-días	Fiebre, tos, nausea, dolor de cabeza, vómito y diarrea
Salmonella sp	Heces	8-48 horas	3-5 días	Diarrea acuosa con sangre
Shigellae sp.	Heces	1-7 días	4-7 días	Diarrea con sangre, fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones pujos intensos e incluso conclusiones
Vibrio choleare	Heces	9-72 horas	3-4 días	Diarrea acuosa, vomito, deshidratación
Escherichia coli enterohemo ragica	Heces	3-9 días	1-9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal, agudo, vómitos, no hay fiebre
Escherichia coli enteroanasi va	Heces	8-24 horas	1-2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces mucosas con sangre
Escherichia coli entero toxígena	Heces	5-48 horas	3-19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, nausea, mialgia
Yersinia enterocolitic a	Heces, orina	1-11 días	1-21 días	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vomito.
Campyloba cte jejuni	Heces	2-5 días	7-10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza
Plesiomona s shigelloides	Heces	20-24 horas	1-2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, nausea, diarrea o vomito
Aeromonas	Heces	Desconocid o	1-7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas.

Nota: tomado de Lydia G. Márquez-Bravo, Instituto Mexicano de Tecnología del
Agua Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec, Mor. México

2.2.14. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

- **Coliformes fecales:** La mayor parte de las pruebas de laboratorio y de campo se hacen con *E. coli* o coliformes fecales (un conjunto de bacterias fecales que incluye a *E. coli*). En condiciones tradicionales, el nivel de eficiencia del proceso de desinfección es de alrededor de 3 log (99,9 %).
- **Vibrio cholerae:** A temperatura del agua > 50°C, la tasa de inactivación de *Vibrio cholerae* es semejante a la de *E. faecalis*. Si no se alcanza el umbral de temperatura de 50°C, la tasa de inactivación de *Vibrio cholerae* es mayor a la de los coliformes fecales.
- **Parásitos:** Las pruebas de laboratorio han demostrado que *Giardia* es un parásito acuático bastante común que es sensible a la luz solar. Otro parásito, *Cryptosporidium parvum*, parece ser más resistente. No obstante, vale la pena señalar que *C. parvum* además es bastante resistente al cloro. En la actualidad permanecen llevando a cabo pruebas de campo de los dos parásitos (SODIS, 2003).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Coliformes:** Los coliformes fecales, en especial *Escherichia coli*, fueron seleccionados como indicadores de contaminación fecal gracias a su interacción con el conjunto de las paratifoideas y sus altas concentraciones en diversos tipos de muestras. (Madigan 1997).
- **Bactericida:** Es una sustancia que mata bacterias, microorganismos unicelulares u otros organismos. Además, tienen la posibilidad de manifestarse a modo de desinfectantes, antisépticos o antibióticos (Andueza, 2014).
- **Temperatura del agua:** Es una medida del grado calórico o el tamaño de la proporción de calor que tiene el cuerpo humano. Toda sustancia en cualquier estado añadido (sólido, líquido o gas) está formada por moléculas en constante desplazamiento. La suma de la

energía de cada una de las moléculas corporal se denomina energía térmica. La temperatura es una medida de energía (SODIS, 2003).

- **Escherichia coli:** Es una bacteria común en los intestinos de los humanos y otros animales de sangre caliente. Si bien la mayor parte de las cepas son inofensivas, varias tienen la posibilidad de provocar patologías graves transmitidas por los alimentos (Dos Santos E, 2007).
- **pH:** es una medida de la alcalinidad o acidez de una solución, más especialmente el pH de la proporción de iones de hidrógeno que tiene una solución, las siglas significan el potencial de los iones de hidrógeno, el pH que tiene los valores se tornan de una forma práctica para lidiar con números de alcalinidad, en vez de otros procedimientos un poco más complejos.
- **PET:** Es un termoplástico lineal desarrollado originalmente para crear fibras textiles. Igualmente, es una resina plástica derivada del petróleo que forma parte de un conjunto de materiales sintéticos denominados poliésteres. Gracias a sus excelentes características intrínsecas, empezó a utilizarse en la construcción de envases (SODIS, 2003).

2.4. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: Si hay efectividad del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial.

Ho: No hay efectividad del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Sistema de desinfección solar

2.5.2. VARIABLES EVALUATIVA

Contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Título: Eficacia de un Sistema de Desinfección Solar en la Reducción de Contenido Microbiológico de Cuerpos de Agua Superficial.

Tesista: Bach. Jhonn Atilio Asencios Minaya.

Tabla 2

Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	VALOR FINAL
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Sistema de desinfección solar	Recolección de muestras	Númerica	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM
		Númerica	Volumen de muestra	ml
	Aplicación del método SODIS	Númerica	Duración del tratamiento	Tiempo
		Númerica	Temperatura de exposición	°C
		Categórica	Características del PET	Color PET
Nota: Elaboración propia 2022		Evaluación	Concentración bacteriana	UFC/ml
VARIABLE DEPENDIENTE				
Contenido microbiológico del río Huallaga	Microorganismos presentes en el agua.	Númerica	Coliformes totales	NMP/100 ml
		Númerica	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
		Númerica	Escherichia Coli	P/A

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se tendrá en cuenta lo siguiente: Será de tipo experimental, ya que en el estudio habrá intervención por parte del investigador y se usará un sistema de desinfección solar para la reducción de contenido microbiológico. Será prospectivo, ya que se aplicará en tiempo real; longitudinal ya que se realizará más de una medición. Es analítico ya que se trabajará con dos variables el sistema de desinfección solar y el contenido microbiológico.

3.1.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

En el estudio se tendrá en cuenta enfoque cuantitativo ya que asume el proceso investigativo a partir de la lógica deductiva, o sea, se mueve de lo general (teoría) a lo especial (datos).

Según (Marcedones, 200), es un proceso sistemático, organizado y objetivo cuyo fin es ofrecer contestación a una pregunta o premisa, incrementando de esta forma el razonamiento y la información acerca de lo desconocido; para poder hacer el propósito postulado.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El estudio será explicativo ya que se busca explicar la efectividad del sistema de desinfección solar en la reducción del contenido microbiológico.

3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El análisis va a tener un diseño explicativo que usa la manipulación de una o más variables, mide su impacto sobre la variable dependiente o respuesta, examina sus resultados y formula conclusiones y sugerencias para su uso de forma de tratamiento microbiológico del agua.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Se compone de agua superficial (río Huallaga), que es afluente del Maranhón y, por lo tanto, parte de cuenca alta del Amazonas. Longitud total es 1138 kilómetros. En Huánuco, viaja hacia el norte, por un importante valle interandino entre Ambo y distrito Santa María del Valle en Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

Está constituida por 60 Litros de agua superficial en este caso por el río Huallaga en el sector la esperanza, distrito de amarilis para ello se determinó cinco puntos de muestreo, los cuales se encuentran a 300m de distancia entre cada punto, por cada punto de muestreo tomará una profundidad 0.30 cm.

3.3. UBICACIÓN EN EL ESPACIO Y TIEMPO

- a. **Ubicación en el espacio:** el estudio se llevará a cabo en la jurisdicción del distrito de Amarilis, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

Tabla 3

Los puntos de monitoreos

puntos de monitoreo de agua		coordenadas UTM wgs-84	
Nº	Puntos de Monitoreo	Norte	Este
1	Muestra N.º 1	8906277.97 m S	365662.19 m E
	Muestra N.º 2	8906450.00 m S	365845.00 m E
2	Muestra N.º 3	8906690.00 m S	366025.00 m E
3	Muestra N.º 4 – Puente Colpa baja.	8906919.00 m S	366224.00 m E
	Muestra N.º 5	8907013.00 m S	366507.00 m E

Nota: Elaboración propia.

b. Ubicación de tiempo: la investigación se desarrolló en el 2021.

3.4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para desarrollar el monitoreo de agua se usa la referencia RJ-010-2016-ANA y DS-004-2017-MINAM.

En los puntos de monitoreo, se recolectará una muestra de agua para realizar el análisis respectivo, para ello se utilizarán frascos de plástico y vidrio de 500 ml estériles. Los parámetros a evaluar in situ son: pH, Temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L), para ello se realizará haciendo el uso de un multiparámetro. Los parámetros a realizarse en laboratorio serán: Coliformes totales, coliformes termotolerantes y E. coli.

Inmediatamente después de ser tomadas las muestras serán rotuladas con esta información básica:

- ✓ Punto de muestreo.
- ✓ Referencia.
- ✓ Alícuota (cantidad de muestra)
- ✓ Producto (Tipo de muestra de agua o fuente)
- ✓ Preservación (solo si requiere de preservantes)
- ✓ Responsable
- ✓ Fecha
- ✓ Hora

a) Transporte y conservación de la muestra.

Para el almacenamiento y transporte de muestras, se usará un enfriador para conservar la muestra a una temperatura correcta para protegerla de la luz y el sobrecalentamiento.

Igualmente, las muestras se almacenarán de manera segura, debidamente cubiertas y se transportarán tomando cada una de las medidas y precauciones apropiadas, teniendo presente los protocolos de monitoreo del agua.

b) Análisis bacteriológico.

Las pruebas analíticas de parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizarán en Laboratorio de Biotecnología, Universidad de Huánuco, el caso amerite se llevará a un laboratorio acreditado.

c) Niveles de los factores controlables

Se consideran tres niveles para cada factor en estudio para la variable independiente

Tabla 4

Niveles de Factores.

N°	Variable	Notación	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1	Calibracion				
1	Tiempo de tratamiento	X1	8	16	24
2	Concentración del agua	X2	1/0	1/1	1/2
3	Color de PET	X3	Transparente	Negro	Blanco

Nota: Elaboración propia.

d) Diseño del experimento

Se realizarán los experimentos mediante la metodología Taguchi el diseño de experimentos tiene 3 dimensiones para cada factor cuya matriz se muestra de la siguiente manera:

Tabla 5*Matriz de Experimentos (Taguchi)*

Nº	X1	X2	X3	Y1	Y2
1	8	1/0	Transparente	Y1	Y2
2	8	1/1	Negro	Y1	Y2
3	8	1/2	Blanco	Y1	Y2
4	12	1/0	Negro	Y1	Y2
5	12	1/1	Blanco	Y1	Y2
6	12	1/2	Transparente	Y1	Y2
7	24	1/0	Blanco	Y1	Y2
8	24	1/1	Transparente	Y1	Y2
9	24	1/2	Negro	Y1	Y2

Nota: Fuente Taguchi.

3.4.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

a) Técnicas de recojo de información de datos

La recolección de información secundaria se realizará luego del análisis bibliográfico y compilación bibliográfica en temas e investigaciones realizadas internacional, nacional y localmente pertinentes. Estos serán presentados en el resumen y considerando el mejor contenido, estos resultados pueden ser comparados con nuestro estudio.

Siendo los datos primarios aquellos que surgen de los resultados obtenidos por el laboratorio, así como también los datos de los parámetros de campo.

b) Estructura de proceso de filtración.

Se construirá un soporte de madera, el cual tendrá una pendiente de 60° en el cual se pondrá una plancha de calamina, en

la que la parte superior se expondrá botellas de plástico PET para su exposición solar durante un día.

c) Técnicas de proceso de filtrado.

El proceso de filtrado será mediante procedimiento de filtro lento, en el cual se usarán gravas y arena fina.

3.5. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Los resultados experimentales se analizarán utilizando el software Minitab y Excel mediante la aplicación de una serie de tablas, gráficos y análisis variante para determinar factores más influyentes en la respuesta (y), se efectuará el análisis de regresión de los parámetros de operación.

Para el análisis inferencial se aplicó la prueba paramétrica de ANOVA, siendo que la población muestra una distribución normal; del mismo modo nos permite descubrir si la prueba es significativa para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y así rechazar la hipótesis nula o aceptar la hipótesis alterna con un $p\text{-valor} < 0,05$.

3.6. ASPECTOS ÉTICOS

En el presente estudio se aplicarán los principios éticos como la autonomía y la beneficencia, ya que se utilizará el método de toma de muestra y procesamiento de los resultados establecidos por decretos supremos elaborados por el ministerio del ambiente.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Tabla 6

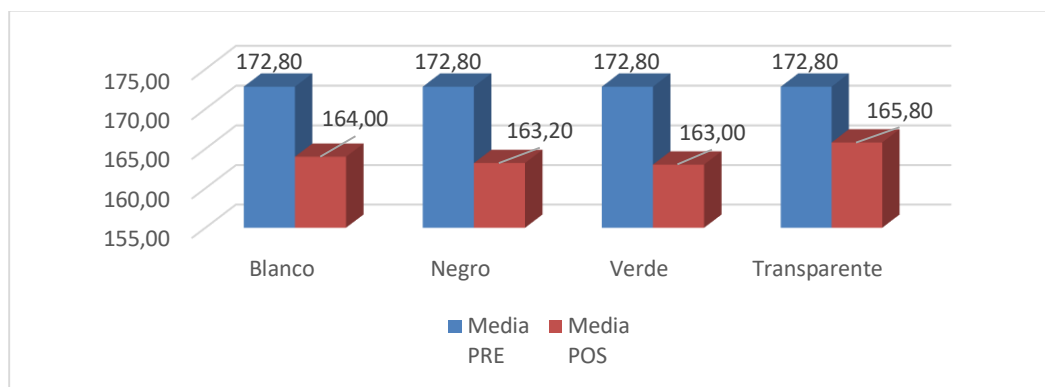
Parámetro de la conductividad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Botella	Media PRE	Media POS	Error estándar PRE	Error estándar POS	95% de intervalo de confianza para la media			
					L. Inferior PRE	L. Superior PRE	L. Inferior POS	L. Superior POS
Blanca	172.80	164.00	17.23	1.30	124.96	220.64	160.38	167.62
Negra	172.80	163.20	17.23	0.49	124.96	220.64	161.84	164.56
Verde	172.80	163.00	17.23	1.05	124.96	220.64	160.09	165.91
Transparente	172.80	165.80	17.23	0.66	124.96	220.64	163.96	167.64

Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 4.

Parámetro de la conductividad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.



Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Los resultados muestran que a partir del pre test, con la botella de color verde se obtuvo la mayor reducción de la conductividad, pasando de 172.8 a 163.0 umho/cm, seguido muy de cerca por los resultados promedio de las botellas negras y blancas. Con la botella transparente se encontró que la reducción de la conductividad fue la menor de todas.

Tabla 7

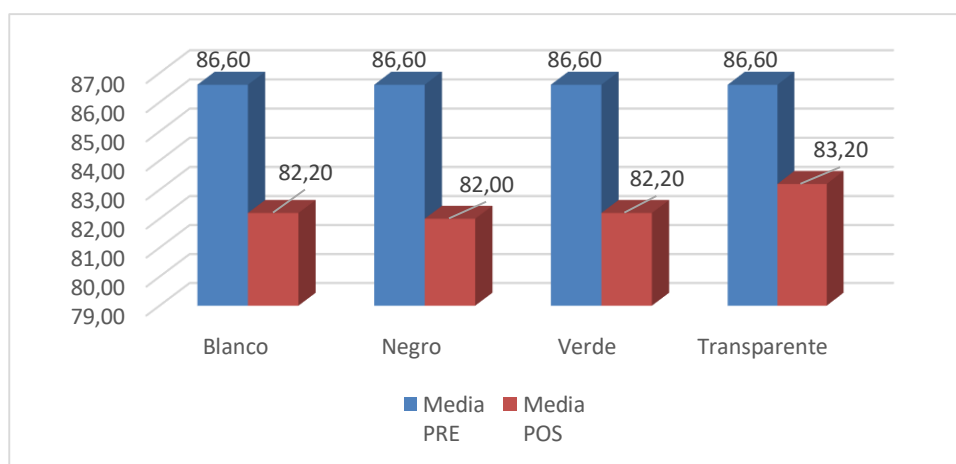
Parámetro de los sólidos totales según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Botella	Media PRE	Media POS	Error estándar PRE	Error estándar POS	95% de intervalo de confianza para la media			
					L. Inferior PRE	L. Superior PRE	L. Inferior POS	L. Superior POS
Blanca	86.60	82.20	8.57	0.73	62.80	110.40	80.16	84.24
Negra	86.60	82.00	8.57	0.32	62.80	110.40	81.12	82.88
Verde	86.60	82.20	8.57	0.49	62.80	110.40	80.84	83.56
Transparente	86.60	83.20	8.57	0.37	62.80	110.40	82.16	84.24

Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 5

Parámetro de los sólidos totales según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.



Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Los resultados nos señalan que a partir del pre test, con la botella de color negra se obtuvo la mayor reducción de los sólidos totales, pasando de 86.60 a 82.00 mg/l, seguido de cerca por los resultados promedio de las botellas blancas y verdes. Con la botella transparente se encontró que la reducción de los sólidos totales fue la menor de todas.

Tabla 8

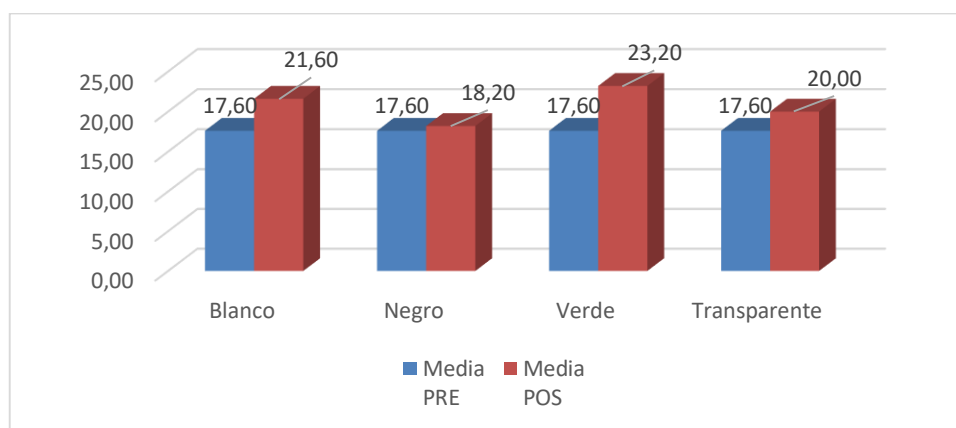
Parámetro de la turbiedad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Botella	Media PRE	Media POS	Error estándar PRE	Error estándar POS	95% de intervalo de confianza para la media			
					L. Inferior PRE	L. Superior PRE	L. Inferior POS	L. Superior POS
Blanca	17.60	21.60	1.86	1.40	12.44	22.76	17.71	25.49
Negra	17.60	18.20	1.86	0.58	12.44	22.76	16.58	19.82
Verde	17.60	23.20	1.86	1.16	12.44	22.76	19.99	26.41
Transparente	17.60	20.00	1.86	1.18	12.44	22.76	16.71	23.29

Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 6

Parámetro de la turbiedad según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.



Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Los resultados nos señalan que a partir del pre test, la turbiedad ha incrementado en todos los casos, independientemente del color de la botella. En las botellas negras se ha dado el menor incremento de la turbiedad, pasando de un promedio de 17.60 a 18.20 UNT. El mayor incremento de la turbiedad se dio en las botellas de color verde.

Tabla 9

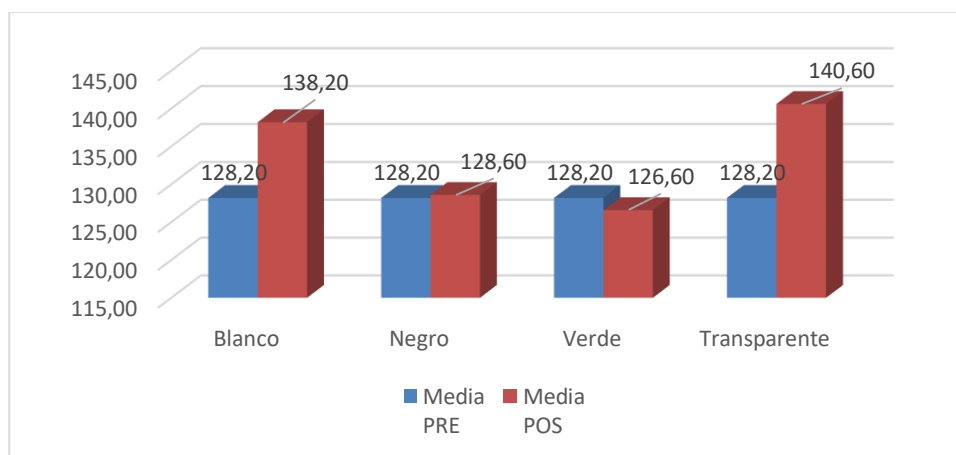
Parámetro del color según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Botella	Media PRE	Media POS	Error estándar PRE	Error estándar POS	95% de intervalo de confianza para la media			
					L. Inferior PRE	L. Superior PRE	L. Inferior POS	L. Superior POS
Blanca	128.20	138.20	32.24	10.38	38.68	217.72	109.37	167.03
Negra	128.20	128.60	32.24	13.07	38.68	217.72	92.31	164.89
Verde	128.20	126.60	32.24	5.82	38.68	217.72	110.44	142.76
Transparente	128.20	140.60	32.24	12.43	38.68	217.72	106.09	175.11

Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 7

Parámetro del color según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.



Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Los resultados nos señalan que a partir del pre test, las unidades UCV del color se ha incrementado en todos los casos menos en las botellas de color verde, en las que se dio un decremento, de 128.20 a 126.60 UCV. Un mayor incremento se dio en las botellas transparentes.

Tabla 10

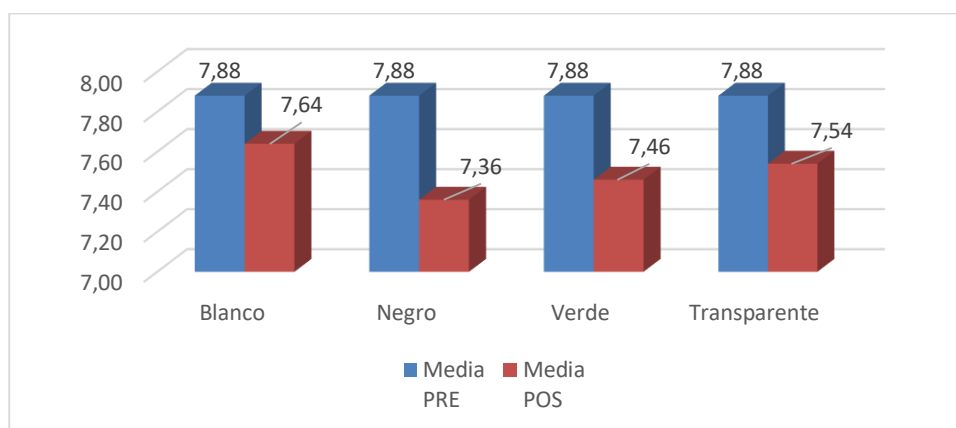
Parámetro del pH según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Botella	Media PRE	Media POS	Error estándar PRE	Error estándar POS	95% de intervalo de confianza para la media			
					L. Inferior PRE	L. Superior PRE	L. Inferior POS	L. Superior POS
Blanca	7.88	7.64	0.13	0.04	7.51	8.25	7.53	7.75
Negra	7.88	7.36	0.13	0.05	7.51	8.25	7.22	7.50
Verde	7.88	7.46	0.13	0.04	7.51	8.25	7.35	7.57
Transparente	7.88	7.54	0.13	0.07	7.51	8.25	7.35	7.73

Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 8

Parámetro del pH según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.



Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Los resultados nos señalan que a partir del pre test, la mayor reducción del valor del pH se dio en las botellas de color negro, pasando de 7.88 a 7.36. La menor reducción del valor del pH se dio en las botellas de color blanco.

Tabla 11

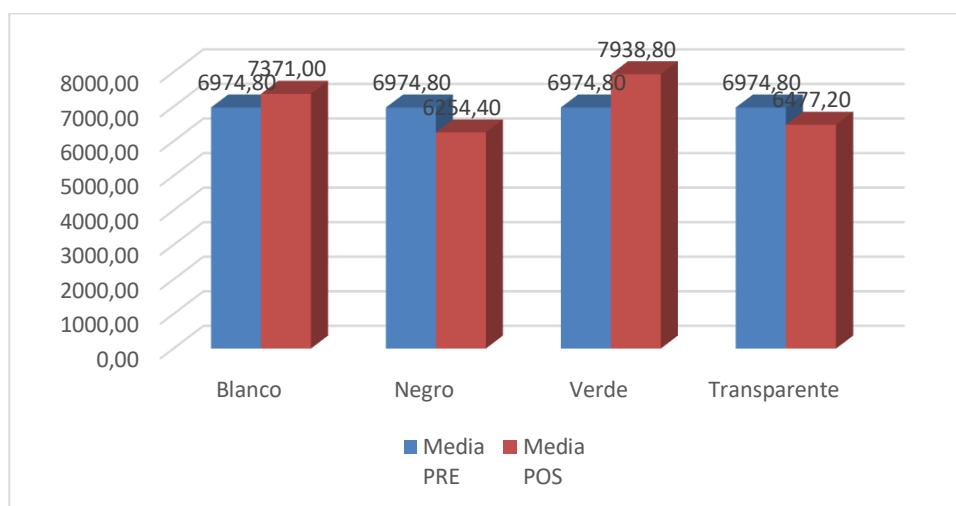
Parámetro coli T según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Botella	Media PRE	Media POS	Error estándar PRE	Error estándar POS	95% de intervalo de confianza para la media			
					L. Inferior PRE	L. Superior PRE	L. Inferior POS	L. Superior POS
Blanca	6974.80	7371.00	917.51	460.11	4427.39	9522.21	6093.52	8648.48
Negra	6974.80	6254.40	917.51	180.33	4427.39	9522.21	5753.72	6755.08
Verde	6974.80	7938.80	917.51	321.99	4427.39	9522.21	7044.81	8832.79
Transparente	6974.80	6477.20	917.51	385.58	4427.39	9522.21	5406.65	7547.75

Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 9

Parámetro de la coli T según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.



Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Los resultados resaltan un decremento de la coli T entre las botellas de color negro y transparente. El mayor decremento se dio en las botellas negras, pasando de 6974.80 a 6254.40 NMP/100 ml. Entre las botellas de color blanco y verde se ha dado un incremento de Coli T, siendo en estas últimas el mayor incremento.

Tabla 12

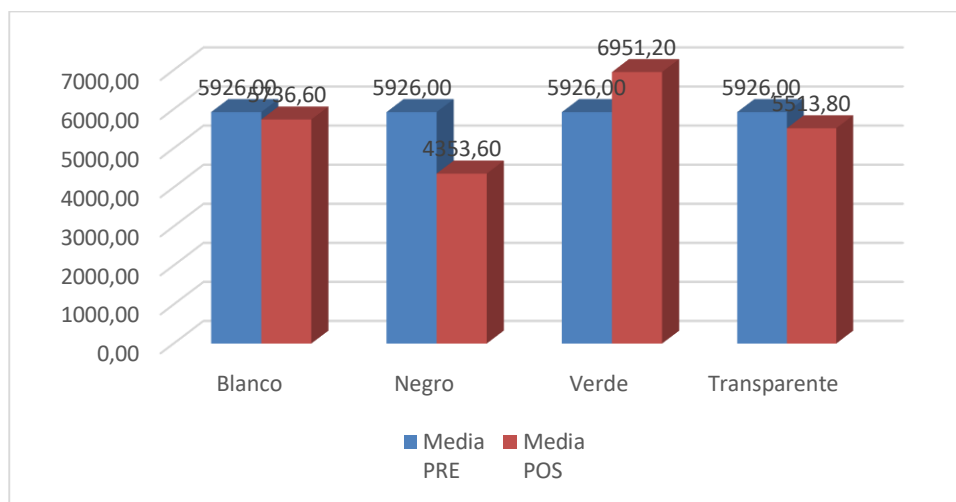
Parámetro de la Coli Termotolerante según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Botella	Media PRE	Media POS	Error estándar PRE	Error estándar POS	95% de intervalo de confianza para la media			
					L. Inferior PRE	L. Superior PRE	L. Inferior POS	L. Superior POS
Blanca	5926.00	5736.60	947.32	285.43	3295.81	8556.19	4944.11	6529.09
Negra	5926.00	4353.60	947.32	991.98	3295.81	8556.19	1599.43	7107.77
Verde	5926.00	6951.20	947.32	319.55	3295.81	8556.19	6064.00	7838.40
Transparente	5926.00	5513.80	947.32	381.44	3295.81	8556.19	4454.74	6572.86

Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 10

Parámetro de la Coli Termotolerante según color PET antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar.



Nota. Datos procesados a partir de los resultados de laboratorio.

Los resultados resaltan un mayor decremento de Coli Termotolerante en las botellas de color negro, pasando de 5926.00 a 4353.60 NMP/100 ml. Se observa un ligero decremento de coli termotolerante en las botellas de color blanco y transparentes, pero en las botellas de color verde se dio un incremento de las mismas.

Tabla 13

Prueba de normalidad de los datos según Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

	Botella	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dif_Conductividad	1,00	,389	5	,130	,712	5	,013
	2,00	,348	5	,470	,743	5	,025
	3,00	,319	5	,106	,761	5	,038
	4,00	,321	5	,101	,767	5	,042
Dif_Sol_Tot	1,00	,389	5	,130	,712	5	,013
	2,00	,333	5	,072	,723	5	,016
	3,00	,329	5	,082	,778	5	,053
	4,00	,308	5	,135	,756	5	,033
Dif_Turbiedad	1,00	,265	5	,200*	,836	5	,154
	2,00	,270	5	,200*	,860	5	,229
	3,00	,250	5	,200*	,850	5	,196
	4,00	,258	5	,200*	,885	5	,334
Dif_Color	1,00	,270	5	,200*	,870	5	,268
	2,00	,207	5	,200*	,909	5	,460
	3,00	,268	5	,200*	,843	5	,174
	4,00	,230	5	,200*	,857	5	,217
Dif_pH	1,00	,376	5	,200	,788	5	,065
	2,00	,203	5	,200*	,976	5	,914
	3,00	,165	5	,200*	,963	5	,829
	4,00	,254	5	,200*	,900	5	,409
Dif_Coli_T	1,00	,261	5	,200*	,847	5	,185
	2,00	,255	5	,200*	,854	5	,207
	3,00	,336	5	,067	,817	5	,111
	4,00	,127	5	,200*	,998	5	,999
Dif_Coli_Term	1,00	,201	5	,200*	,924	5	,554
	2,00	,243	5	,200*	,897	5	,392
	3,00	,257	5	,200*	,896	5	,391
	4,00	,206	5	,200*	,940	5	,669

La prueba de normalidad nos indica que los datos se aproximan a una distribución normal, por lo que es pertinente el uso de una prueba paramétrica para la contrastación de la hipótesis, tal como el Análisis de Varianza con un factor inter sujetos.

4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL

Se propone una hipótesis operativa, que permita evaluar si existe diferencias en los resultados obtenidos entre los cuatro grupos de estudio, para posteriormente, de aceptarse la hipótesis alterna, identificar cuál de los grupos es el que brinda mayor eficacia en la reducción de contenido microbiológico de las aguas superficiales en estudio.

H_a: Existe diferencia en la eficacia de reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial con el empleo de un sistema de desinfección solar que opera con botellas de diferente color.

La hipótesis nula se opone a la hipótesis alterna.

Nivel de significancia: 5% = 0.05

Procedimiento estadístico: Anova con un factor intersujetos

Cálculo del p-valor:

Tabla 14

Contrastación de la hipótesis de la Coli T y Coli termotolerante

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Dif_Coli_T	Entre grupos	9238985,75	3	3079661,917	1,251	0,324
	Dentro de grupos	39380091,20	16	2461255,700		
	Total	48619076,95	19			
Dif_Coli_Term	Entre grupos	16996613,20	3	5665537,733	1,428	0,271
	Dentro de grupos	63469878,00	16	3966867,375		
	Total	80466491,20	19			

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no podemos aceptar la hipótesis alterna, por lo que tendríamos que aceptar la hipótesis nula, es decir, que no existe diferencia en los resultados de reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial con el empleo de un sistema de desinfección solar que opera con botellas de diferente color. Al comparar los resultados con los estándares veremos si hubo eficacia con el uso del sistema de desinfección solar.

Adicionalmente, se propone una hipótesis operativa para los parámetros físicos y químicos obtenidos en el estudio.

H_a: Existe diferencia en los resultados de los parámetros físicos y químicos con el empleo de un sistema de desinfección solar que opera con botellas de diferente color.

La hipótesis nula se opone a la hipótesis alterna.

Nivel de significancia: 5% = 0.05

Procedimiento estadístico: Anova con un factor intersujetos

Cálculo del p-valor:

Tabla 15

Contrastación de la hipótesis de los parámetros físicos y químicos

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Dif_Conductividad	Entre grupos	24,400	3	8,133	,006	,999
	Dentro de grupos	23026,800	16	1439,175		
	Total	23051,200	19			
Dif_Sol_Tot	Entre grupos	4,400	3	1,467	,004	1,000
	Dentro de grupos	5928,800	16	370,550		
	Total	5933,200	19			
Dif_Turbiedad	Entre grupos	68,950	3	22,983	1,919	,167
	Dentro de grupos	191,600	16	11,975		
	Total	260,550	19			
Dif_Color	Entre grupos	720,600	3	240,200	,048	,985
	Dentro de grupos	79867,600	16	4991,725		
	Total	80588,200	19			
Dif_pH	Entre grupos	,732	3	,244	1,237	,329
	Dentro de grupos	3,156	16	,197		
	Total	3,888	19			

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no existe diferencia en los resultados de los parámetros físicos y químicos con el empleo de un sistema de desinfección solar que opera con botellas de diferente color, esto debido a que en cada uno de los casos, se ha obtenido un p-valor mayor a 5%.

Tabla 16

*Resultados en la eficacia respecto al cumplimiento de la categoría 3,
Normativa DS. 004-2017-MINAM*

Indicador		Valor - PRE	Interpretación	Valor - POS	Interpretación
<i>Conductividad - B</i>		172.80	No cumple	164.00	No cumple
	<i>N</i>	172.80	No cumple	163.20	No cumple
	<i>V</i>	172.80	No cumple	163.00	No cumple
	<i>oo T</i>	172.80	No cumple	165.80	No cumple
<i>Sólidos Totales – B</i>		86.60	Cumple	82.20	Cumple
	<i>N</i>	86.60	Cumple	82.00	Cumple
	<i>V</i>	86.60	Cumple	82.20	Cumple
	<i>T</i>	86.60	Cumple	83.20	Cumple
<i>Turbiedad -</i>	<i>B</i>	17.60	No cumple	21.60	No cumple
	<i>N</i>	17.60	No cumple	18.20	No cumple
	<i>V</i>	17.60	No cumple	23.20	No cumple
	<i>T</i>	17.60	No cumple	20.00	No cumple
<i>Color -</i>	<i>B</i>	128.20	No cumple	138.20	No cumple
	<i>N</i>	128.20	No cumple	128.60	No cumple
	<i>V</i>	128.20	No cumple	126.60	No cumple
	<i>T</i>	128.20	No cumple	140.60	No cumple
<i>Ph -</i>	<i>B</i>	7.88	Cumple	7.64	Cumple
	<i>N</i>	7.88	Cumple	7.36	Cumple
	<i>V</i>	7.88	Cumple	7.46	Cumple
	<i>T</i>	7.88	Cumple	7.54	Cumple
<i>Coli Totales -</i>	<i>B</i>	6974.80	No Cumple	7371.00	No Cumple
	<i>N</i>	6974.80	No Cumple	6254.40	No Cumple
	<i>V</i>	6974.80	No Cumple	7938.80	No Cumple
	<i>T</i>	6974.80	No Cumple	6477.20	No Cumple
<i>Coli Termo -</i>	<i>B</i>	5926.00	No Cumple	5736.60	No Cumple
	<i>N</i>	5926.00	No Cumple	4353.60	No Cumple
	<i>V</i>	5926.00	No Cumple	6951.20	No Cumple
	<i>T</i>	5926.00	No Cumple	5513.80	No Cumple
<i>E Coli -</i>	<i>B</i>	Presencia	No Cumple	Presencia	No Cumple
	<i>N</i>	Presencia	No Cumple	Presencia	No Cumple
	<i>V</i>	Presencia	No Cumple	Presencia	No Cumple
	<i>T</i>	Presencia	No Cumple	Presencia	No Cumple

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto al Objetivo principal: Evaluar la eficacia del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico en cuerpos de agua superficial, respecto al análisis y evaluación realizada sobre el cuerpo de agua (Rio Huallaga), por medio de un sistema de desinfección solar se observó que los resultados antes del proceso de desinfección solar sobre los parámetros microbiológicos (Coliformes Totales, Coliformes termotolerantes y E. coli) comparados con la normativa (DS N° 004-2017-MINAM – Categoría 3, el cual se observó que no cumple los parámetros establecidos en la presente normativa, seguidamente se realizó el análisis luego del proceso de desinfección solar en las botellas de color blanco, negro, verde y transparente, en la que se evidencio un ligero cambio en los resultados por lo que se determinó la ineficacia en el sistema de desinfección solar.

Castro (2017), en su artículo “Mechanism of photocatalytic disinfection using titania-graphene composites under UV and visible irradiation”, utilizo botellas plásticas de Tereftalato de polietileno (PET) de 2 litros utilizando varios diseños de reactores solares en condiciones reales de campo; es decir, irradiación solar variable, turbidez del agua. El modelo aplicado fue eficaz en la inactivación de E. coli.

SODIS (2003), Las bolsas de plástico especialmente fabricadas para el método SODIS muestran mayor eficacia debido a un mejor ratio, superficie volumen, sin embargo, no son recomendables ya que son difíciles de manipular y se rompen más rápido que las botellas de plástico.

EAWAG/SANDEC (2016), Si se incrementa la temperatura del agua a 50 °C, se produce un efecto sinérgico de la Radiación UV-A y de la temperatura logrando la reducción de los coliformes con solo 140W*h/m de sol; lo equivalente a un tiempo de exposición de una hora.

Para la reducción eficaz del contenido microbiológico mediante el uso de desinfección solar se tendría que tomar en consideración la evaluación de la cantidad de agua que se incorpora en el sistema de desinfección solar y determinar el nivel de contaminación del cuerpo de agua que pueda ser optima.

Con respecto al Objetivo específico 1: Evaluar los parámetros físicos y químicos que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga antes de su tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Con respecto a los parámetros físicos y químicos (Conductividad, Solidos totales, turbidez, color y Ph), se observa que los parámetros de Conductividad y Ph previos al proceso de desinfección solar cumplen con los parámetros establecidos en el DS N° 004-2017- MINAM categoría 3, sin embargo analizado los parámetros de Solitos totales, turbidez y color, no cumplen con los parámetros establecidos en la normativa, considerando el antes y después de proceso de desinfección solar, por lo que se considera la ineficacia del sistema de desinfección,

Castillo y Cruz (2016), El factor importante que influyo en la eficiencia del proceso fue el clima. Bajo condiciones climáticas ideales (día totalmente despejado), y un periodo de 6 horas de exposición, se ha visto que se llega a obtener una eficiencia en la eliminación de parámetros microbiológicos. Así mismo, la desinfección solar no altero los parámetros fisicoquímicos del agua potable, produciendo mínimas diferencias en sus valores.

Los parámetros fisicoquímicos desarrollan un factor importante en la reducción del contenido microbiológico, al respecto de los parámetros fisicoquímicos se observa una ligera variación el mismo que comparados con la normativa no cumplen los requisitos, sin embargo, el parámetro de Ph y Solidos Totales si se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental.

Con respecto al Objetivo específico 2: Determinar los parámetros microbiológicos que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga después de su tratamiento por el sistema de desinfección solar.

Con respecto a los parámetros microbiológicos, como son los coliformes total, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, estas se encuentran en altas cantidades la cual considerando cada color de botella PET utilizada se observa una ligera disminución, con respecto a los coliformes totales considerados en la botella de color blanca se observa el aumento de dicho parámetro, sin embargo, se observa una reducción mayor del parámetro en la botella de color negro. De igual manera para el parámetro coliforme termotolerantes se observa que una mayor reducción del parámetro en la botella de color negro, con respecto al parámetro de *Escherichia coli* se observa la presencia antes y después de la exposición al sistema de desinfección.

Andino y Lorenzana (2004), Para determinar una calidad de agua optima deben de recibir previos tratamientos, para así brindar un agua segura y libre de microorganismos patógenos. Es por ello que se vuelve interesante el uso de la energía solar como base de un proceso sostenible.

El agua usada para riego de vegetales debería de contener bajos parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente, ya que algunas plantaciones que usan esta agua como riego podrían contener estos patógenos dentro de sus productos, por lo que previo al uso se debería de realizar un análisis microbiológico.

Con respecto al Objetivo específico 3: Identificar el color del recipiente más eficaz antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar en la reducción del contenido microbiológico del agua superficial.

El análisis realizado de cada color de botella utilizada (Blanco, negro verde y Transparente), se pudo comprobar que el color de botella no es determinante en la eficacia del sistema de desinfección solar, ya que la

variación de los parámetros considerados es poco significativa ya que los valores disminuyen en poca cantidad en los diferentes colores usados en el sistema.

Rodríguez y Vergara, (2002), Con el fin de captar la mayor cantidad de radiación en las botellas, se utilizaron botellas de plástico transparente de dos litros de capacidad, pintadas con una franja negra a lo largo y que cubra menos de la mitad del perímetro, estas se colocaron acostadas dentro del concentrador con la franja negra hacia abajo.

El resultado obtenido de las botellas por color se verifico que del color negro se obtiene una variación de los parámetros, sin embargo, el cambio es mínimo.

CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo principal, se concluye que el proceso de desinfección solar no presentó eficacia en la reducción del contenido microbiológico, ya que comparados los parámetros microbiológicos con lo establecido en la normativa ambiental vigente DS N° 004-2017-MINAM categoría 3, Estándares de calidad ambiental, estas no se encuentran dentro de los límites establecidos.

Con respecto al objetivo específico 1, se concluye que los parámetros fisicoquímicos evaluados no se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental establecidos en la normativa, sin embargo los parámetros que sí se encuentran dentro de los estándares establecidos son los parámetros de pH y Sólidos totales, la normativa específica valores de Ph entre 6.5 a 8.5 y el resultado antes de la implementación del sistema es de 7.88 y el valor de pH posterior al sistema de desinfección solar no sobrepasa lo establecido en la normativa.

Con respecto al objetivo específico 2, se concluye que los parámetros que caracterizan la calidad del agua son los parámetros microbiológicos (*Escherichia coli*, coliformes termotolerantes y coliformes totales), antes y después del proceso de desinfección solar no presentan cambios significativos que se puedan considerar aptos para la normativa ambiental, ya que hay presencia de *Escherichia coli*.

Con respecto al objetivo 3, se concluye que el color de la botella de plástico PET, no presenta una determinación significativa en la reducción del contenido microbiológico y fisicoquímico en el proceso de desinfección solar, ya que se verificó que la variación o el cambio es mínimo entre cada color.

RECOMENDACIONES

De la presente investigación planteo estas recomendaciones:

- Al encargado OSA de la municipalidad provincial de Huánuco, que realice trabajos periódicos para mejorar el agua del río Huallaga a través de intervenciones en campo.
- Para investigaciones similares futuras usar temperaturas superiores de los 30 grados centígrados en promedio, ya que las temperaturas inferiores no tienen efectividad en el proceso de tratamiento de las aguas.
- Hacer estudios más exhaustivos de la aplicación de SODIS, para la remoción microorganismo de aguas del río Huallaga, ya que el presente estudio no demuestra eficacia.
- A los que se dedican a las investigaciones en general que sigan la ruta realizando investigaciones relacionadas a las condiciones sanitarias del agua y sus repercusiones en la salud que toman agua para diversas actividades, dentro de las zonas que abarca el río en nuestra región.
- Establecer un plan de mitigación de daños a la salud de las poblaciones usuarias, incluyendo la flora y fauna.
- A los establecimientos de salud realizar la vigilancia, control y monitoreo de la calidad del agua ya que muchos de las poblaciones asentadas al borde del río se benefician con el uso del agua.
- Se recomienda continuar con la realización de monitoreos ambientales de calidad de agua de los ríos de manera continua, a fin de prevenir ante cualquier alteración y/o afectación del componente físico, químico o microbiológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almanza, R., & Gutierrez, F. (1994). Ingeniería de la energía solar. *Mexico DF.*
- Andueza, F. (2014). *Microbiología del agua*. Merida - Venezuela: universidad de los andes.
- Araujo y Benito. (2017). *nivel de contaminación microbiológica En agua de consumo humano en el Sector sequia alta, santa bárbara, Huancavelica*. Huancavelica - Peru: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Bermudes, D. (2016). *Desinfección Solar Para Abastecimiento De Agua De Consumo Humano A Nivel Domiciliario En El Sector De La Pereira, Parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, Provincia De El Oro*. Machala - Ecuador: Universidad Tecnica de Machala.
- Brooks, K., Ffolliot, P., & Magner, J. (2013). "Hidrología y gestión de cuencas hidrográficas".
- Cacho y mendoza. (2017). *Construcción y Diseño De Un Concentrador Solar Con Materiales De Bajo Costo, Para Desinfección De Agua Para Su Aplicación En Comunidades Marginadas*. Queretaro-Mexico: Centro De Investigación De Materiales Avanzados.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (10 de 05 de 2021). Obtenido de Sistema de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades: tecnología de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en pacientes en desarrollo: desinfección: <http://www.cepis.ops-oms.org>
- Cordova, L. (2016). *Desinfección Y Remoción De Arsénico Del Agua Por Fotocatálisis Heterogénea*. Chihuahua - Mexico: Centro De Investigación En Materiales Avanzados.
- Dos Santos E, A. (2007). *Estudio del Comportamiento Cinético de Microorganismos de Interés en Seguridad Alimentaria con Modelos Matemáticos*. Barcelona - España: Universidad Autónoma De Barcelona.

- Droste, R. (1997). Teoría y practicas de agua y tratamiento de aguas residuales. USA: Ed. Jhon Wiley and Sons Inc.
- Fontal, B. (2005). *El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones*. Venezuela: Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química.
- Gagliano, M. L., & Litter, M. L. (2003). Desinfección Solar de Aguas de Los Peryra (Tucumán) y del Río de La Palta, Argentina. En M. L. Litter, & H. D. Mansilla, *Desinfección Solar de Aguas en Comunidades Rurales de América Latina* (págs. 1-90).
- Galal Gorchev, H. (1996). Guías de la OMS para la calidad del agua potable y evaluación de los riesgos para la salud vinculados con los desinfectantes y los SPD. *La calidad del agua potable en América Latina*.
- Garcia, I. (2010). *Aplicación de tratamientos basados en ozono en la regeneración de aguas residuales. Estudio de la degradación de sustancias peligrosas*. Zaragoza-España: Universidad de Zaragoza.
- Garrido, I., Fernández Da Silva, R., & Vincenzo, S. (2013). Evaluación del método "SODIS" en la desinfección del agua para abastecimiento en La Guadalupe, Chirgua, municipio Bejuma del estado Carabobo. *Revista Ingenieria UC*, 20(2), 29-38.
- Gómez Couso, H. (2009). Efecto de la intensidad de la radiación, la turbidez del agua y el tiempo de exposición sobre la supervivencia de *Cryptosporidium* durante la desinfección solar simulada del agua potable. *Acta tropica*.
- Gosgot, W. (2018). *Eficiencia Del Catalizador De Concreto Con Tio₂ En Fotorreactor Para Desinfección De Agua Y Degradación De Materia Orgánica Del Agua Residual De La Ciudad De Chachapoyas, Amazonas*. Chachapoyas - Peru: Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas.
- Gutierrez Rico, C., Robles Davila, L., Ortiz Arredondo, F., & Martinez Garcia, L. (2006). Desinfección Foto-catalitica del agua para consumo humano usando luz solar y dióxido de titanio inmovilizado. *Centro de Estudios Academicos sobre Contaminación Ambiental*, 1-10.

- Hooper, G. (1987). Desinfección química. *Serie Ellis Horwood en agua y aguas residuales Tecnología*.
- Instructivo de verificación de la calibración del turbidímetro. (2010). *Biorem.* .
- Mansoor, A. M., & Dave, S. (2015). Efecto de los parámetros de calidad del agua en la desinfección solar del agua: a enfoque de diseño de experimentos estadísticos. *Desalinización y Tratamiento de Agua*, 56(2), 315-326.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19443994.2014.940398>.
- Matus Enriquez, I. O. (2020). *Energía solar como fuente de desinfección del agua para consumo humano a nivel domiciliario mediante una tecnología social. Caso Magdalena Teitipac, Oaxaca*. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Mio, C. (2020). *Experiencias De Las Madres En La Desinfección Solar Del Agua Para Consumo Humano Centro Poblado Menor De Callanca – Monsefú, 2018*. Chiclayo - Perú: Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo.
- Mitchell, M., Stapp, W. B., & Bixby, K. (1993). "Manual de campo de Proyecto del Río: Una guía para monitorear la calidad del agua del Río Bravo". . *New México State University*.
- Moncada, J., & Campos, M. (2003). riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. *Red Iberoamericana de Potabilización y depuración del Agua: Agua potable para comunidades rurales*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <http://www.tierra.tediris.es/hidrored/ebooks/ripda>
- Morales, M. (2019). *Diseño De Un Concentrador Solar Para Desinfección De Agua Para Consumo Humano En El C.P. De Casha, Distrito Santa María Del Valle, Huánuco*. Huanuco - Perú: Universidad de Huanuco.
- OMS. (2006). "Guías para la calidad del agua potable".
- OPS. (1993). Consideraciones sobre el programa medio ambiente y salud en el Istmo Centroamericano.
- OPS. (2003). "Calidad del Agua Potable en Costa Rica: Situación actual y perspectiva". .

Organización Mundial de la Salud. (1988). Obtenido de Guías para la calidad del agua potable.

Rodriguez Marques, A. (2012). Eficiencia de los reactores de PET en la desinfección solar de agua para uso en el sureste de Brasil.

SODIS, F. (2003). *Guia de aplicación de desinfección Solar del Agua*. Fundación SODIS, América Latina, y Martín Zevallos.

Word Bank. (26 de diciembre de 2019). Obtenido de Water: <http://www.worldbank.org/en/topic/water/overview>

ANEXOS

ANEXO 1

Título “Eficacia de un Sistema de Desinfección Solar en la Reducción de contenido Microbiológico de Cuerpos de Agua Superficial”.

Tabla 17

Matriz de Consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema General ¿Cuál es la Eficacia del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial? Problema Específico 1.- ¿Cómo serán los parámetros físicos y químicos que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga antes de su tratamiento por el sistema de desinfección solar? 2.- ¿Cómo serán los parámetros microbiológicos (Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, E. Coli) que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga después de su tratamiento por el sistema de desinfección solar? 3. ¿Cuál será el color del recipiente más eficaz antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar en la reducción del contenido microbiológico del agua superficial?	Objetivo General Evaluar la eficacia del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico en cuerpos de agua superficial. Objetivo Especifico 1.- Evaluar los parámetros físicos y químicos que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga antes de su tratamiento por el sistema de desinfección solar. 2.-Determinar los parámetros microbiológicos que caracterizan la calidad del agua del río Huallaga después de su tratamiento por el sistema de desinfección solar. 3. Identificar el color del recipiente más eficaz antes y después del tratamiento por el sistema de desinfección solar en la reducción del contenido microbiológico del agua superficial	Hi: Si hay efectividad del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial. Ho: No hay efectividad del sistema de desinfección solar en la reducción de contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial.	Variable de Calibración Sistema de desinfección solar Variable Evaluativa Contenido microbiológico de cuerpos de agua superficial.	Población: La población está constituida por el Agua Superficial (rio Huallaga). Muestra: La muestra estará constituida por 15 Litros de agua superficial, obtenida de 5 estaciones de monitoreo. Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos: Para el desarrollo del presente monitoreo de agua se utilizará como referencia el RJ-010-2016-ANA y DS-004-2017-MINAM Niveles de los factores controlables: Se considera el nivel aplicativo para cada factor en estudio para la variable de calibración. Diseño del experimento: Se realizarán los experimentos mediante la metodología Taguchi el diseño de experimentos tiene 3 dimensiones para cada factor

Nota: Fuente Elaboración Propia.

ANEXO 2

Ficha de Identificación de la Estación 1.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA - E - 01	
NOMBRE DEL TESTISTA:	JHONN ASENCIOS MINAYA
PROYECTO:	"EFICACIA DE UN SISTEMA DE DESINFECCION SOLAR EN LA REDUCCION DE CONTENIDO MICROBIOLOGICO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL".
IDENTIFICACION DEL PUNTO	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO:	E - 01
TIPO DE MUESTRA:	L L = Líquido G = Gaseoso S = Sólido B = Biológico
CLASE DE MUESTRA:	R R = Emisión H = Receptor
TIPO DE AGUA:	S S = Superficial C = Agua de Consumo Sa = Subterránea E = Agua Industrial
REFERENCIA :	LA ESPERANZA
UBICACIÓN	
DISTRITO:	AMARILIS
PROVINCIA:	HUANUCO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO
Coordenadas U.T.M. (WGS 84)	
Norte :	8,906,277
Este:	365,662
Zona:	18 S (V, VI o III)
Altitud :	1893 (m.s.n.m.)
	

Ficha de Identificación de la Estación 2.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA E - 02	
NOMBRE DEL TESISTA:	JHONN ASENCIOS MINAYA
PROYECTO:	"EFICACIA DE UN SISTEMA DE DESINFECCION SOLAR EN LA REDUCCION DE CONTENIDO MICROBIOLOGICO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL".
IDENTIFICACION DEL PUNTO	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO:	E - 02
TIPO DE MUESTRA:	L L = Líquido G = Gasoso S = Sólido B = Biológico
CLASE DE MUESTRA:	R E = Efuenta R = Receptor
TIPO DE AGUA:	S S = Superficial C = Aguas Subterráneas Sb = Subterránea E = Aguas Residuales
REFERENCIA :	LA ESPERANZA
UBICACIÓN	
DISTRITO:	AMARILIS
PROVINCIA:	HUANUCO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO
Coordenadas U.T.M. (WGS 84)	
Norte :	8,906,508
Este:	365,878
Zona:	18 S (V.B o W)
Altitud :	1896 (m.s.n.m.)
	

Ficha de Identificación de la Estación 3.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA E- 03	
NOMBRE DEL TESISTA:	JHONN ASENSIOS MINAYA
PROYECTO:	"EFICACIA DE UN SISTEMA DE DESINFECCION SOLAR EN LA REDUCCION DE CONTENIDO MICROBIOLOGICO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL".
IDENTIFICACION DEL PUNTO	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO :	E - 03
TIPO DE MUESTRA:	L L= Líquido G= Gaseoso S= Sólido B= Biológico
CLASE DE MUESTRA:	R R= Efluente R= Receptor
TIPO DE AGUA:	S S= Superficial C= Agua de Sifón Sb= Subterránea SI= Agua R. Industrial
REFERENCIA :	LA ESPERANZA
UBICACIÓN	
DISTRITO:	AMARILIS
PROVINCIA:	HUANUCO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO
Coordenadas U.T.M. (WGS 84)	
Norte :	8,906,681
Este:	366,004
Zona:	18 S (17, 18 o 19)
Altitud :	1885 (m.s.n.m.)
	

Ficha de Identificación de la Estación 4.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA E - 04	
NOMBRE DEL TESISTA:	JHONN ASENCIOS MINAYA
PROYECTO:	"EFICACIA DE UN SISTEMA DE DESINFECCION SOLAR EN LA REDUCCION DE CONTENIDO MICROBIOLOGICO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL".
IDENTIFICACION DEL PUNTO	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO :	E - 04
TIPO DE MUESTRA:	L L = Líquido G = Gaseoso S = Sólido B = Biológico
CLASE DE MUESTRA:	R R = Emisor H = Receptor
TIPO DE AGUA:	S S = Superficial C = Agua de Gruta Sb = Subterránea Ci = Agua Cl. Industrial
REFERENCIA :	LA ESPERANZA
UBICACIÓN	
DISTRITO:	AMARILIS
PROVINCIA:	HUANUCO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO
Coordenadas U.T.M. (WGS 84)	
Norte :	8,906,888
Este:	366,196
Zona:	18 S (N, S o W)
Altitud :	1896 (m.s.n.m.)
	
 16 dic. 2021 7:29:49 18L 366196 8906888 Colpa Huánuco Altitud: 1896.4m Velocidad: 0.0km/h	

Ficha de Identificación de la Estación 5.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA E - 05	
NOMBRE DEL TESISISTA:	JHONN ASECNCIOS MINAYA
PROYECTO:	"EFICACIA DE UN SISTEMA DE DESINFECCION SOLAR EN LA REDUCCION DE CONTENIDO MICROBIOLOGICO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL".
IDENTIFICACION DEL PUNTO	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO :	E - 05
TIPO DE MUESTRA:	L L=Líquido G=Gasoso S=Sólido B=Biológico
CLASE DE MUESTRA:	R R=Receptor
TIPO DE AGUA:	S S=Superficial C=Agua de Graba Sb=Subterránea I=Agua Industrial
REFERENCIA :	LA ESPERANZA
UBICACIÓN	
DISTRITO:	AMARILIS
PROVINCIA:	HUANUCO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO
Coordenadas U.T.M. (WGS 84)	
Norte :	8,907,002
Este:	366,452
Zona:	18 S (17, 18 o 19)
Altitud :	1885 (m.s.n.m.)
 17 dic. 2021 7:44:58 18L 366452.8907002 Huanuco Altitud: 1885.6m Velocidad: 0.0km/h	

ANEXO 3

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA - E - 01

COMPANIA / CUENTE										PRESERVACION																													
UNIDAD OPERATIVA										ANALISIS REQUERIDOS																													
DIRECCION										Parametros Laboratorio										Parametros In Situ (3)																			
PERSONA DE CONTACTO										pH										Cond. (us/cm)					Tem. (°C)					O.D. (mg/L)					OBSERVACION				
TELEFONO / Email										T-D-S																													
CONTRATO / OTRO REF.																																							
ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)																																							
RAZON SOCIAL																																							
RUC																																							
DOMICILIO																																							
NOMBRE DEL PROYECTO																																							
LUGAR DE MUESTREO																																							
CÓDIGO DE LABORATORIO (1)		PUNTO DE MUESTREO		MUESTREO		Tipo de muestra / Muestra (2)		Coordenadas UTM/WGS 84 HUGO, IRL		Altitud (m s. n. m.)		N° Frasco																											
				Fecha		Hora (24 HR)																																	
E-01		01		13/12/21		8:00 am		Superficial		365862 890827		1940		01																									
E-01-N		01		13/12/21		5:00 pm		Superficial		363463 890826		1940																											
E-01-B		01		13/12/21		6:00 pm		Superficial		363463 890826		1940																											
E-01-V		01		13/12/21		6:20 pm		Superficial		363463 890826		1940																											
E-01-T		01		13/12/21		6:27 pm		Superficial		363463 890826		1940																											

Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra.

(1) Información ingresada en Recepción.
 (2) MATRIZ: Agua natural Subterránea (Monenteal, Termal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Depósito atmosférica), Agua Residual Domésticos, Municipal, Industrial, Agua de Consumo Humano Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial (Agua Salina Mar, Salobre, Salmuera, Aguas de Proceso Circulación, Alimentación para calderas, Calderas, Ullivación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección).
 (3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio Indicar Parámetros y valor obtenido.

MUESTREO REALIZADO POR				OBSERVACIONES / NOCENCIAS				SUPERVISOR CUENTE			
Responsable:		Firma:		Verificación Intermedia de la Temperatura °C:				Nombre:		Firma:	
J. A. A. M		[Firma]		26 °C							

Cadena de Custodia.

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA E-02.

COMPANIA / CUENTE							PRESERVACIÓN																Nº.							
UNIDAD OPERATIVA							CRO																							
DIRECCIÓN							Lugar																							
PERSONA DE CONTACTO:							M.Z.																							
TELÉFONO/ E-mail							Bah																							
CONTRATO/ OTRA REF.							H.S.O																							
ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)							ROL																							
RAZÓN SOCIAL							ANÁLISIS REQUERIDOS																							
RUC							Parámetros Laboratorio										Parametros InSitu (3)													
DOMICILIO							/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	T-D.S	PH	Cond. (us/cm)	Tem. (°C)	O.D. (mg/L)	OBSERVACIÓN			
NOMBRE DEL PROYECTO																														
LUGAR DE MUESTREO																														
Nº	CODIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	MUESTREO		Tipo de Muestra / Matriz (2)	Coordenadas UTM(WGS 84) HUSO 18L	Altitud (m s n m)	Nº Frascos	Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra																					
			Fecha	Hora (24:00)																										
1	E-02	01	14/12/21	8:45am	Superficial	363463 8900986	1940	1											0.16	8.20	0.32	19.6	—	Pre						
2																														
3	E-02-N	01	14/12/21	5:30 pm	Superficial	363463 8900986	1940	1											0.15	7.90	0.29	25.9	—	B. Negro						
4	E-02-B	01	14/12/21	5:35 pm	Superficial	363463 8900986	1940	1											0.15	8.04	0.29	25.8	—	B. Blanco						
5	E-02-V	01	14/12/21	5:45 pm	Superficial	363463 8900986	1940	1											0.14	8.06	0.28	26.0	—	B. Verde						
6	E-02-T	01	14/12/21	5:55 pm	Superficial	363463 8900986	1940	1											0.15	8.07	0.29	25.9	—	B. Transparente						
7																														
8																														

(1) Información Ingresada en Recepción.

(2) MATRIZ Agua natural Subterránea (Manantial, Termal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Depósito atmosférico); Agua Residual Doméstica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas Mar, Salobre, Salmuera Aguas

de Proceso: Circulación, Alimentación para calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección.

(3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio: Indicar Parámetros y valor obtenido.

MUESTREO REALIZADO POR:		INFORMACIÓN DEL MUESTREO	
Responsable:	Cliente	OBSERVACIONES/ NOCENCIAS	SUPERVISOR/ CUENTE
J.A.P.H	X	Verificación intermedia de la Temperatura °C:	Nombre: cargo:
Firma: T.H	26.5.		Firma:

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA - E-05

[illegible]

(1) Información Ingresada en Recepción.

(2) MATRIZ: Agua natural: Subterránea (Manantial, Termal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Deposición atmosférica); Agua Residual: Doméstica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano: Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas: Mar, Salobre, Salmuera; Aguas

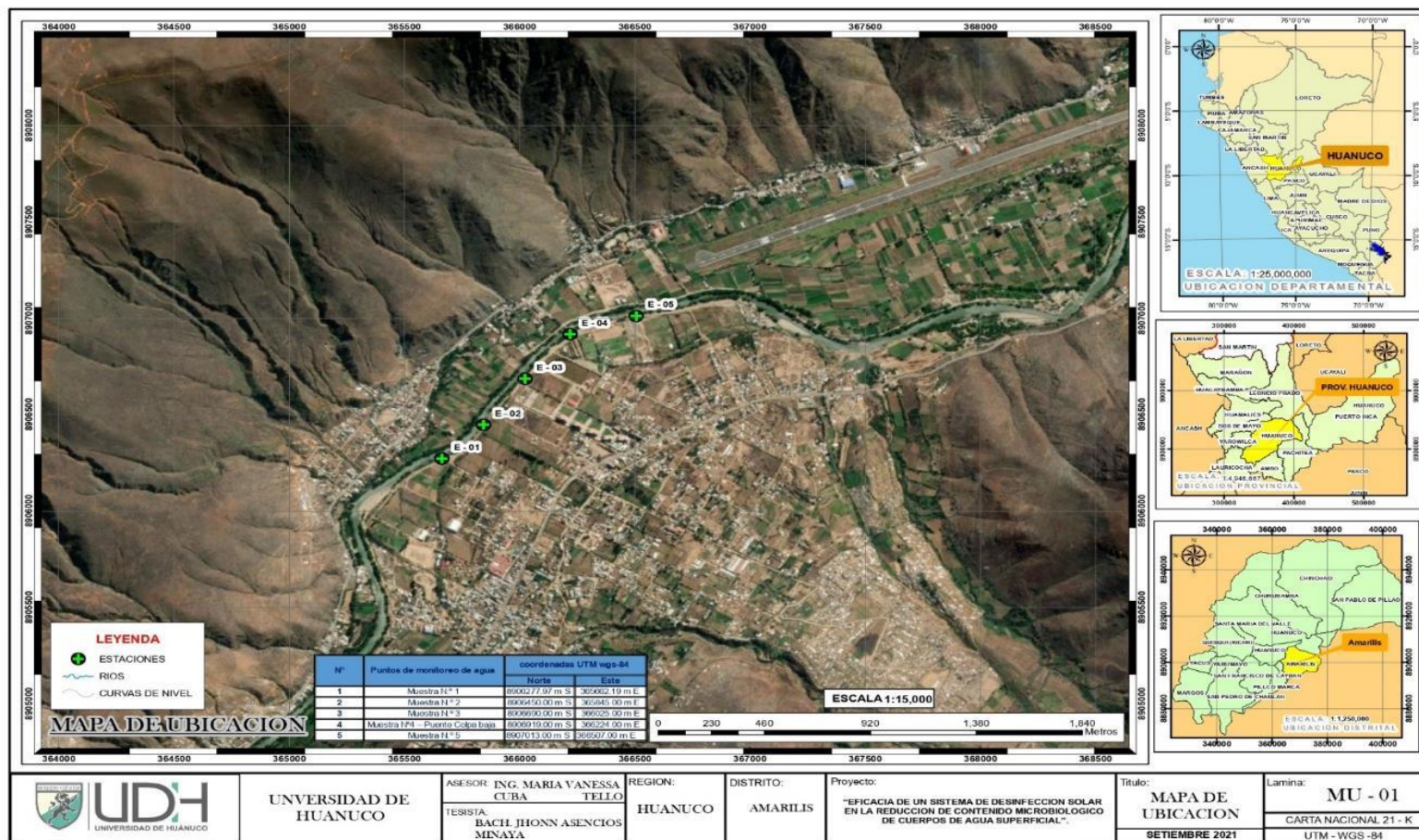
de Proceso: Circulación, Alimentación para calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección,

(3) IN SITU :En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio. Indicar Parámetros y valor obtenido.

MUESTREO REALIZADO POR:				OBSERVACIONES/ NOCIONES		SUPERVISOR/ CUENTE	
Responsable:		Cliente	☒	Verificación Intermedia de la Temperatura °C:		Nombre:	
Firma:						cargo:	
J.A.A.M.				21°			
74							

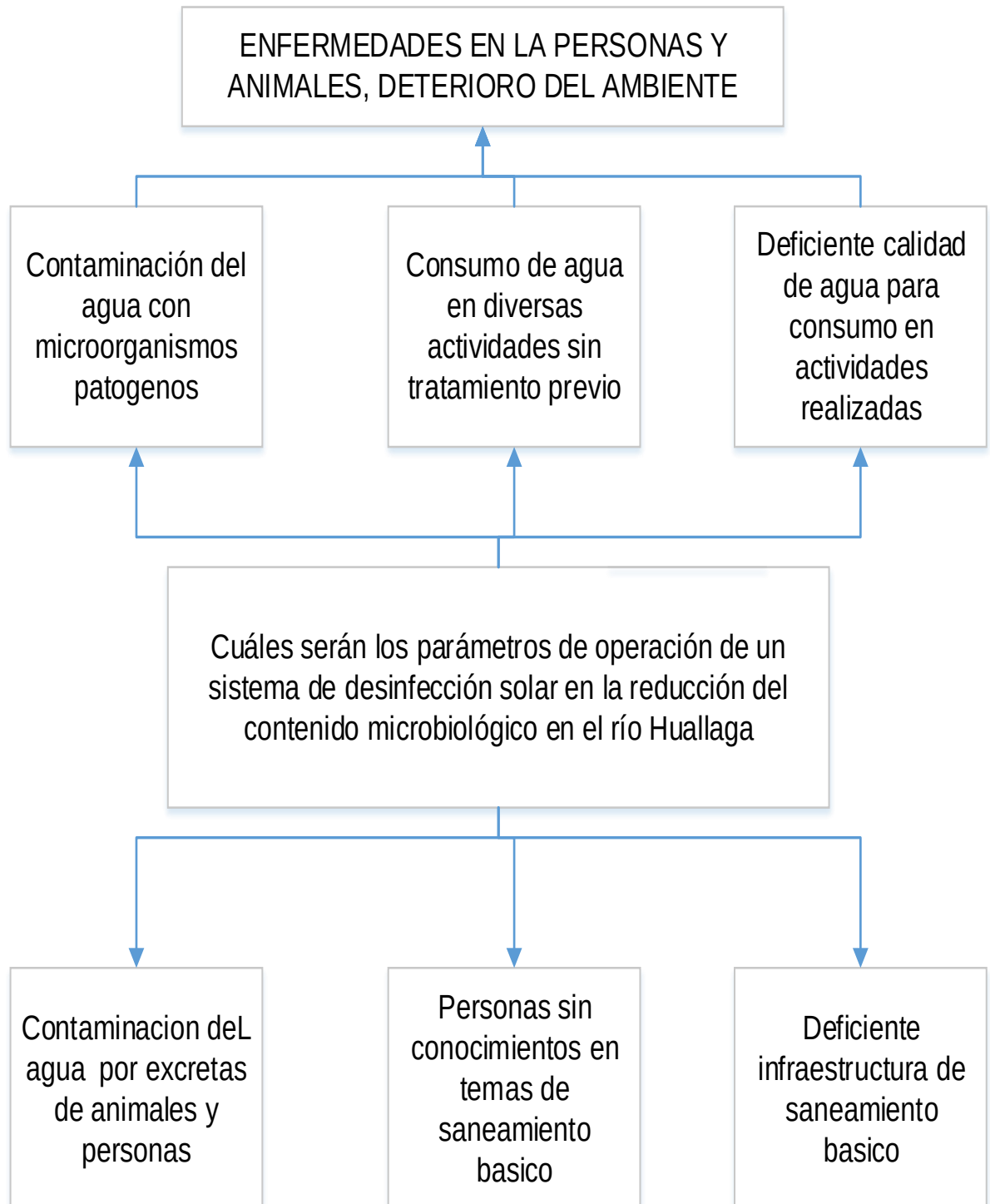
ANEXO 4

Plano de Ubicacion

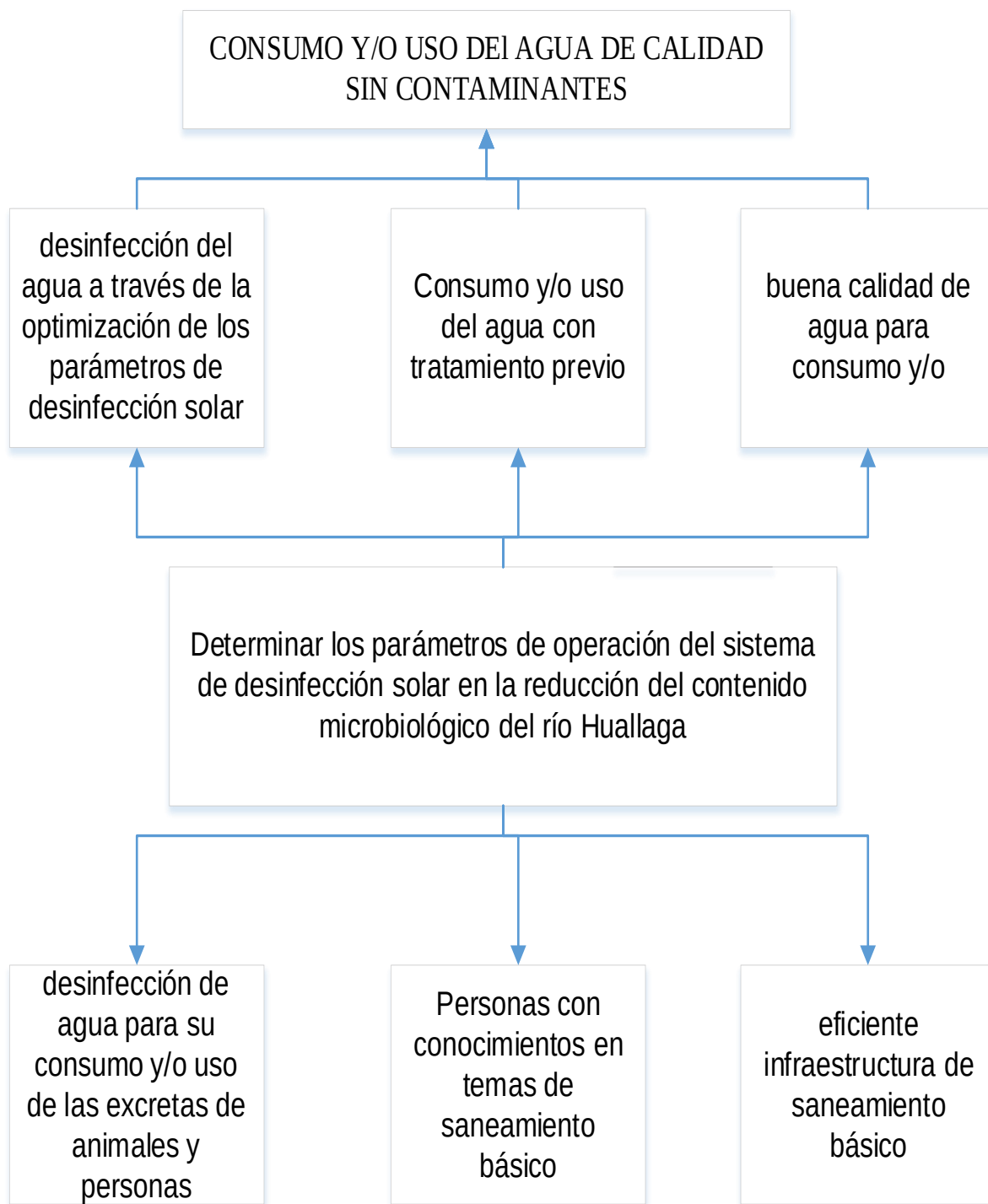


ANEXO 5

ARBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 6
ARBOL DE MEDIOS Y FINES



Ministerio de Salud

GOB. REGIONAL HUANUCO

GOB. PROV. HUANUCO

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG: 087 - 2021- LMAA-LRRSP- HCO

SOLICITANTE : ASCENCIO MINAYA JHON
 DISTRITO : ESPERANZA - AMARILIS
 PROVINCIA : HUANUCO
 DEPARTAMENTO : HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 20-12-21 HORA 08:30 a.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 20-11-21 HORA 11:40 am

MUESTRA TOMADA: INTERESADO

SI () NO (X)

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	N° DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS		
				Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coli Term. NMP/100ml	E. coli P / A
E - 1 - B 2021-12-13	RIO	SUPERFICIAL	199	162	81	25	110	7.7	0	8892	6750	Presencia
E - 2 - B 2021-12-14	RIO	SUPERFICIAL	200	162	81	25	174	7.7	0	7891	5714	Presencia
E - 3 - B 2021-12-15	RIO	SUPERFICIAL	201	163	82	20	142	7.5	0	6953	5640	Presencia
E - 4 - B 2021-12-16	RIO	SUPERFICIAL	202	164	82	19	132	7.7	0	6841	5600	Presencia
E - 5 - B 2021-12-17	RIO	SUPERFICIAL	203	169	85	19	133	7.6	0	6278	4979	Presencia
E - 1 - N 2021-12-13	RIO	SUPERFICIAL	204	164	82	20	158	7.2	0	6932	6239	Presencia
E - 2 - N 2021-12-14	RIO	SUPERFICIAL	205	162	83	18	163	7.4	0	6016	5000	Presencia
E - 3 - N 2021-12-15	RIO	SUPERFICIAL	206	162	81	19	107	7.5	0	6324	5046	Presencia
E - 4 - N 2021-12-16	RIO	SUPERFICIAL	207	164	82	17	105	7.3	0	6008	5002	Presencia
E - 5 - N 2021-12-17	RIO	SUPERFICIAL	208	164	82	17	110	7.4	0	5992	4981	Presencia
MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS				1500	1000	5	15	6.5-8.5	0.5	0	0	P/A

MICROORGANISMO
 Coliforme Total
 Coliforme Fecal
 Aerobios mesófilos

Método de Ensayo

Método Estandarizado de Filtro de Membrana APHA, AWW, WEF. Part. 9222 D. 21th edition 2005.

Método Estandarizado de Filtro de Membrana APHA, AWW, WEF. Part. 9222 D. 21th edition 2005.

Método de placa fluida: APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.

GOBIERNO REGIONAL HUANUCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUANUCO
LABORATORIO REGIONAL

Rita Milla, María Argelia Cárdenas Minaya
CSP 4543
Huanuco, 30 de diciembre de 2021

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG: 088 - 2021- LMAA-LRRSP- HCO



SOLICITANTE : ASENCIO MINAYA JHON
DISTRITO : ESPERANZA - AMARILIS
PROVINCIA : HUANUCO
DEPARTAMENTO : HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 20-12-21 HORA 08:30 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 20-11-21 HORA: 11:40 am. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
SI () NO (X)

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	Nº. DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS		
LOCALIDADES				Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coli. Term. NMP/100ml	E. coli. P/A
E - 1 - V 2021-12-13	RIO	SUPERFICIAL	209	166	82	27	149	7.4	0	8921	7832	Presencia
E - 2 - V 2021-12-14	RIO	SUPERFICIAL	210	165	82	22	118	7.4	0	8075	7022	Presencia
E - 3 - V 2021-12-15	RIO	SUPERFICIAL	211	162	84	23	127	7.6	0	7902	6927	Presencia
E - 4 - V 2021-12-16	RIO	SUPERFICIAL	212	161	81	20	119	7.5	0	7900	7132	Presencia
E - 5 - V 2021-12-17	RIO	SUPERFICIAL	213	161	82	24	120	7.4	0	6896	5843	Presencia
E - 1 - T 2021-12-13	RIO	SUPERFICIAL	214	168	84	24	127	7.3	0	6981	5854	Presencia
E - 2 - T 2021-12-14	RIO	SUPERFICIAL	215	166	84	19	127	7.5	0	7002	5912	Presencia
E - 3 - T 2021-12-15	RIO	SUPERFICIAL	216	166	83	17	110	7.6	0	5003	3992	Presencia
E - 4 - T 2021-12-16	RIO	SUPERFICIAL	217	165	83	19	177	7.6	0	6407	5825	Presencia
E - 5 - T 2021-12-17	RIO	SUPERFICIAL	218	164	82	21	162	7.7	0	6993	5986	Presencia
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA DS. N° 004-2017 MINAN				1500	1000	5	15	6.5-8.5	0.5	50	20	P/A

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Total	Método Estandarizado de Filtro de Membrana APHA, AWW, WEF. Part. 9222 D. 21 th edition 2005.
Coliforme Fecal	Método Estandarizado de Filtro de Membrana APHA, AWW, WEF. Part. 9222 D. 21 th edition 2005.
Aerobios mesófilos	Método de placa fluida. APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.

GOBIERNO REGIONAL HUANUCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUANUCO
LABORATORIO REGIONAL

Huanuco, 30 de diciembre de 2021

Dr. Araceli Rodríguez de Aguirre

ANEXO 7
PANEL FOTOGRAFICO.

FOTO N°01		FOTO N°02	E- 01
			
Descripción: Vista de Materiales que se usaron para la Ejecución del Proyecto de Investigación.		Descripción: Vista de proceso de calibración del Multiparámetro antes de uso.	
FOTO N°03	E - 01	FOTO N°04	E - 01
			
Descripción: Toma de Muestra de la Estacio 01 – Rio Huallaga.		Descripción: Exposición de botellas sobre la Plataforma de Calamina	

FOTO N°05	E - 01	FOTO N°06	E - 01
			
Descripción: Botellas para Muestreo después de Exposición.		Descripción: Análisis de Parámetros después de su exposición solar.	

FOTO N°07	E - 02	FOTO N°08	E - 02
			
Descripción: Estacio de Muestreo 02. Rio Huallaga.		Descripción: Botellas de Muestra para exposición al sol estación 02.	

FOTO N°09	E - 03	FOTO N°10	E - 03
			
Descripción: Visita Técnica del ING. Milton Morales Aquino, Jurado calificador.		Descripción: Exposición de Botellas para desinfección solar.	

FOTO N°11	E - 03	FOTO N°12	E - 03
			
Descripción: Rotulado de envase para análisis de laboratorio.		Descripción: Suscripción de datos en la cadena de custodia.	

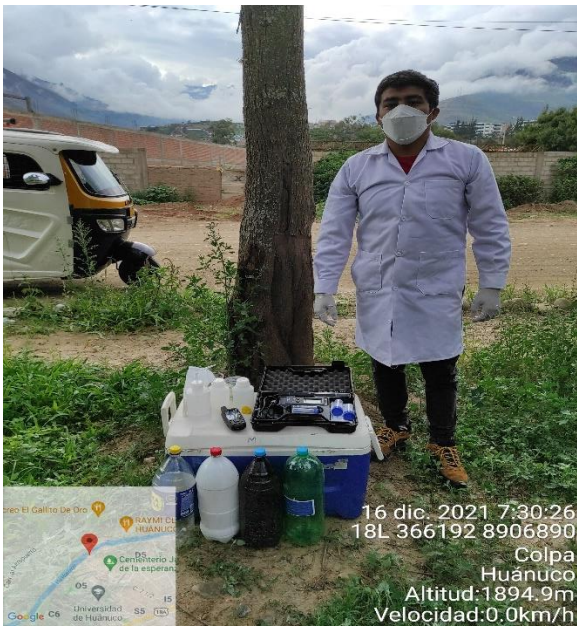
FOTO N°13	E - 04	FOTO N°14	E - 04
			
Descripción: Muestreo y análisis de en la Estación -04		Descripción: Toma de Muestra del Rio Huallaga Estación 04.	

FOTO N°15	E - 04	FOTO N°16	E - 04
			
Descripción: Visita del ING. Milton Morales Aquino.		Descripción: Toma de Muestra después de exposición envase verde.	
FOTO N°17	E - 04	FOTO N°18	E - 04



Descripción: Análisis de parámetros de campo después de su exposición solar.



Descripción: rotulado de envases para su muestreo en laboratorio.

FOTO N°19

E - 05



Descripción: Toma de muestra y análisis de datos de campo de la Estación 05

FOTO N°20

E - 05



Descripción: Llenado de datos en la cadena de custodia.

FOTO N°21	E - 05	FOTO N°22	E - 05
			
Descripción: Toma de datos después de su exposición al sol estación 05.		Descripción: Determinación de parámetros de campo de la Estación 05.	

FOTO N°23	E - 05	FOTO N°24	E - 05
			
Descripción: Toma de datos después de su exposición al sol estación 05.		Descripción: Registro de datos en la cadena de custodia después de su exposición solar.	