

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

TEMA

“APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS UTILIZANDO TRES
SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE DESINFECCIÓN DE
AGUA LLUVIA EN LA COMUNIDAD PUERTO SANTA ANA.”

AUTORES

CHINACHI SOTALIN CARLON RAFAEL

MACAS OCHOA BRYAN ARMANDO

DIRECTORA

MS.C. GUERRERO RUBIO JESSY PAULINA

CODIRECTOR

MS.C. KAREL DIEGUEZ

MS.C. RAÚL VALVERDE

PUYO – ECUADOR

2020

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por guiarme y ser la luz en los momentos más difíciles que he tenido que afrontar a lo largo de mi vida y mi carrera universitaria; A mis padres que, con su apoyo incondicional, amor y confianza, han podido guiarme para poderme encontrar en estos momentos en lugar en el que estoy

A la Universidad estatal Amazónica por acogerme en sus instalaciones, e impartirme sus conocimientos a través de todas sus cátedras.

A mi Directora de tesis Ms.C. Jessy Guerrero y, codirector Ms.C. Karel Dieguez, Ms.C. Raúl Valverde, por guiarme y ser los pilares fundamentales en toda la elaboración de mi trabajo de titulación dotándome de conocimientos y experiencia.

A mis compañeros y amigos de carrera que, gracias a su amistad, hemos pasado gratos momentos compartiendo experiencias las cuales atesoraremos para toda nuestra vida.

Carlos Chinachi Sotalin

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi bendito Dios, por su amor y su bondad infinita, por protegerme durante todo mi camino recorrido en estos cinco años educativos y por darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades, por darme la oportunidad de culminar con éxitos mis estudios, brindándome la oportunidad de obtener un grado académico más en vida.

A mis queridos padres por ser los principales promotores de mis sueños, por brindarme su ayuda y confianza en el desarrollo de mi carrera, por su comprensión y apoyo en todo momento, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

A la Universidad Estatal Amazónica por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas para poder estudiar mi carrera, así como también a cada uno de los docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

A mi Directora de tesis Ms.C. Jessy Guerrero y codirector Ms.C. Karel Dieguez, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de clases ya que gracias al compañerismo y amistad hemos vivido gratos momentos, las cuales se quedan grabadas en mi corazón para toda la vida.

Bryan Macas Ochoa

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo, mejorar el consumo de agua lluvia a través de la Desinfección Solar del Agua (Método SODIS) de la Comunidad de Puerto Santa Ana, Parroquia Madre Tierra, Cantón Mera, Provincia de Pastaza, mediante la aplicación de tres sistemas de desinfección (Lamina de zinc, Lamina de aluminio, y plástico negro), como una alternativa para el tratamiento del agua y el consumo humano, el método es una solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible, para el tratamiento de agua a nivel doméstico, en lugares que la población consume agua cruda y microbiológicamente contaminada, al no contar con un sistema de potabilización y alcantarillado. Este tratamiento se desarrolló por medio de la utilización de filtros ecológicos y la implementación del método SODIS para la desinfección, con una exposición de 48 horas, para la determinación de los análisis microbiológicos, físicos y químicos; tomando muestras de agua antes del proceso y después de la aplicación de cada uno de los sistemas de tratamiento de desinfección, para conocer la efectividad de los tres sistemas y el cumplimiento de la normativa; y que permita reducir la carga microbiana del agua y al mismo tiempo mejorar o mantener los estándares permitidos para los parámetros Físico-químicos.

Palabra clave: Microbiológicos, SODIS, Físico-Químico, Reflexión, Absorbancia.

SUMMARY

The objective of this research work is to improve the consumption of rainwater through the Solar Water Disinfection (SODIS Method) of the Community of Puerto Santa Ana, Madre Tierra Parish, Mera Canton, Pastaza Province, through the application of three disinfection systems (zinc sheet, aluminum sheet, and black plastic), as an alternative for water treatment and human consumption, the method is a simple solution, low cost and environmentally sustainable, for the treatment of water at the domestic level, in places where the population consumes raw and microbiologically contaminated water, as it does not have a water treatment and sewage system. This treatment was developed through the use of ecological filters and the implementation of the SODIS method for disinfection, with a 48-hour exposure, for the determination of microbiological, physical and chemical analyzes, taking water samples before the process and after the application of each of the disinfection treatment systems, to know the effectiveness of the three systems and compliance with the regulations; and that allows to reduce the microbial load of the water and at the same time improve or maintain the standards allowed for the Physical-chemical parameters.

Keyword: Microbiological, SODIS, Physiochemical, Reflection, Absorbance.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	9
INTRODUCCIÓN	9
1.1. JUSTIFICACIÓN	10
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
CAPÍTULO II	12
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
2.1. AGUA.....	12
2.2. AGUA POTABLE.....	12
2.3. SODIS	13
2.4. RADIACIÓN UV-A TEMPERATURA.....	13
2.5. CLIMA.....	15
2.6. TURBIEDAD DEL AGUA	17
2.7. OXÍGENO	17
2.8. BOTELLAS DE PLÁSTICO PET.....	17
2.9. FILTROS	19
2.10. NORMATIVA	19
CAPÍTULO III.....	24
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.1. LOCALIZACIÓN	24
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.3.1. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE.....	25
3.3.2. FASE 1.- ÁREA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA INICIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO ECOLÓGICO.....	26
3.3.3. FASE 2.- ÁREA DE FILTRACIÓN DEL AGUA LLUVIA Y APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS	34
3.3.4. FASE 3.- ANÁLISIS DE AGUA.....	37
CAPÍTULO IV	40
RESULTADOS.....	40
4.1. ANALISIS FÍSICOS-QUÍMICOS.....	43
4.2. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS	46
DISCUSIÓN	52
4.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	54
CAPITULO V	57

RECOMENDACIONES.....	58
CAPÍTULO VI	59
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	63

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. PRONÓSTICO DIARIO DE ÍNDICE UV. FUENTE INAMHI ANUARIO 2019.	14
MAPA 2. MAPA DE ISOTERMAS. FUENTE INAMHI.....	15
MAPA 3.ÁREA DE ESTUDIO DE PUERTO SANTA ANA. FUENTE ARCGIS 10.5.	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. PREGUNTA NÚMERO 1.....	40
GRÁFICO 2. PREGUNTA NÚMERO 2.....	40
GRÁFICO 3. PREGUNTA NÚMERO 3.....	41
GRÁFICO 4. PREGUNTA NÚMERO 4.....	41
GRÁFICO 5. PREGUNTA NÚMERO 5.....	42
GRÁFICO 6. PREGUNTA NÚMERO 6.....	42
GRÁFICO 7. PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN DE LAS ENTEROBACTERIAS.	48
GRÁFICO 8. PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES.....	49
GRÁFICO 9. PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN DE MESÓFILOS TOTALES.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CUADRO CON MAYOR CATEGORÍA DE ÍNDICES UV.	14
TABLA 2. TABLA CLIMÁTICA // DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO PUYO.	16
TABLA 3. TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS.	18
TABLA 4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO MICROBIOLÓGICO.	39
TABLA 5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO FÍSICO-QUÍMICO.	39
TABLA 6. DATOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS, ENTRE LA MUESTRA INICIAL Y LA LÁMINA DE ZINC.	43
TABLA 7. DATOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS, ENTRE LA MUESTRA INICIAL Y LA LÁMINA DE ALUMINIO	44
TABLA 8. DATOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS, ENTRE LA MUESTRA INICIAL Y EL PLÁSTICO NEGRO.	45
TABLA 9. TEMPERATURAS TOMADAS EN DISTINTOS TIEMPOS.	46
TABLA 10. ABSORBANCIA Y REFLEXIÓN DE LOS TRES SISTEMAS DE DESINFECCIÓN.	46
TABLA 11. DATOS GENERALES DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.	47
TABLA 12. PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN DE ENTEROBACTERIAS.	48
TABLA 13. PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES.	49
TABLA 14. CANTIDAD DE PORCENTAJE DE LA BACTERIA ESCHERICHIA COLI ENCONTRADA EN LOS SISTEMAS DE DESINFECCIÓN.....	50
TABLA 15. NIVEL DE CONTAMINACIÓN DE LA BACTERIA ESCHERICHIA COLI.....	50
TABLA 16. PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN DE MESOFILOS TOTALES.	51
TABLA 17. CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA DEL ALMACENAMIENTO Y MUESTRAS DE AGUA TRATADA CON SODIS	52

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. METODO SODIS	13
IMAGEN 2. CLIMOGRAMA PUYO FUENTE CLIMATE-DATA.ORG.	16
IMAGEN 3. ÁREA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA INICIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO ECOLÓGICO.....	26
IMAGEN 4. MÁQUINA PHMETRO THERMO ORION 4 STAR.....	28
IMAGEN 5. MÁQUINA INOLAB COND 720.	29
IMAGEN 6. MÁQUINA TURBIDÍMETRO PORTÁTIL 2100Q.	30
IMAGEN 7. BALANZA ANALÍTICA.	31
IMAGEN 8. LAVADO DE GRAVA.	32
IMAGEN 9. CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO	33
IMAGEN 10. ÁREA DE FILTRACIÓN DEL AGUA LLUVIA Y APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS.	34
IMAGEN 11. DESINFECCIÓN DE BOTELLAS PET.	34
IMAGEN 12. PLATABANDAS DE DESINFECCIÓN.	36
IMAGEN 13. MUESTRAS DEL LABORATORIO.	38
IMAGEN 14. TEMPERATURAS MENSUALES. FUENTE METEOBLUE.....	47
IMAGEN 15. INDUCCIÓN EN LA ESCUELA.	63
IMAGEN 16. TOMA DE DATOS DE AGUA LLUVIA.....	63
IMAGEN 17. TOMA DE DIMENSIONES.....	63
IMAGEN 18. FIESTA AGRÓNOMA DE LA COMUNIDAD.	64
IMAGEN 19. ELABORACIÓN DE LAS PLATABANDAS.	64
IMAGEN 20. GRAVA GRUESA, MEDIA Y FINA.	64
IMAGEN 21. FILTRO ECOLÓGICO.....	65
IMAGEN 22. TOMA DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.....	65
IMAGEN 23. PLATABANDA CON LAS MUESTRAS DE AGUA.....	65
IMAGEN 24. ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS.....	66
IMAGEN 25. MUESTRAS AMBAR.....	66
IMAGEN 26. TEMPERATURA DEL AGUA.....	66
IMAGEN 27. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.	67
IMAGEN 28. MUESTRA DE PLÁSTICO NEGRO.	67
IMAGEN 29. MUESTRA DE ALUMINIO.	67
IMAGEN 30. MUESTRA DE ZINC.	68
IMAGEN 31. ENCUESTA PUERTO SANTA ANA	68
IMAGEN 32. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS FÍSICOS SEGÚN LA NORMA INEN 1108.	69
IMAGEN 33. REQUISITITOS MICROBIOLÓGICOS, SEGÚN LA NORMA INEN 1108.	69
IMAGEN 34. FUENTE: ACUERDO MINISTERIAL 097-A.	70
IMAGEN 35.RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DEL LABORATORIO.....	71

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua dulce del mundo se encuentra amenazado y en peligro en la actualidad es un recurso que cada vez es más escaso, de acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta solo el 0.007% de las aguas dulces se encuentran disponibles para el consumo humano (Toledo, 2002).

Todo lo que se mira y todo lo que se conoce está estrechamente relacionado con el agua, no solo porque es parte de la composición de su estructura molecular, sino por la innumerable cantidad de procesos y reacciones químicas, biológicas y físicas en las que participa, si bien es cierto, de acuerdo a (Unicef, 2014) la importancia de este recurso radica en que “Sin agua no hay vida”. A pesar de que el porcentaje de agua dulce es alarmante, el hombre aun no toma conciencia y con tal de satisfacer sus necesidades consumistas ha ocasionado un grave deterioro en el recurso agua, modificando sus características físicas, químicas y biológicas. Los principales contaminantes antropogénicos del recurso son la basura, desechos químicos de las fábricas, industrias, aguas residuales y otros.

En la actualidad, y por efecto de los contaminantes que existen en el medio físico, esta investigación busca implementar métodos de desinfección del agua (SODIS) el mismo que se ha convertido en un tema prioritario, en parte por el crecimiento incontrolado de la población mundial, la expansión y desarrollo urbano (Gherardi, 2007).

La falta de acceso de agua potable a las comunidades y zonas rurales, ha generado que el agua que consumen no sea de buena calidad, la misma que ha provoca un riesgo en la salud, provocando enfermedades tales como: diarrea, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A, disentería amébrica o bacteriana y otras enfermedades diarreicas. Por lo tanto, es necesario implementar tres sistemas de tratamiento del agua, para un almacenamiento seguro, una educación sanitaria y saneamiento adecuado para obtener un efecto positivo y duradero durante el proceso de análisis fisicoquímico y microbiológico. En la comunidad de Puerto Santa Ana, Parroquia Madre Tierra, Cantón Mera, Provincia de Pastaza al no contar con sistema de alcantarillado de agua potable, es necesaria y eficiente la aplicación del método SODIS (Desinfección Solar de agua), para mejorar los parámetros microbiológicos y físicos-químicos del agua lluvia y garantizar la salud de sus pobladores.

1.1. JUSTIFICACIÓN

El agua y el alimento es considerado como los principales transmisores de bacterias, y a su vez un mal sistema sanitario son las principales razones de que en las comunidades amazónicas son propensas a sufrir enfermedades de origen intestinal.

La mayor parte de las poblaciones rurales en el Ecuador no cuentan con un buen sistema de los servicios sanitarios y abastecimiento de agua potable, con criterios de calidad bajos, debido a esto se produce un impacto negativo en la salud de los moradores de la comunidad Puerto Santa Ana en la parroquia Madre Tierra, que al no contar con un sistema de potabilización de este recurso.

Por tal motivo resulta necesaria una propuesta tecnológica para la desinfección del agua a nivel domiciliario en la comunidad, por presencia de afecciones que se presenta en el consumo del agua no tratada.

El proyecto SODIS tiene la finalidad de implementar un mecanismo de purificación del agua para el consumo humano en las zonas en las que el acceso al agua potable es limitado por diversos factores, tales como la lejanía del sector, falta de compromiso de las autoridades entre otros, por tal motivo en base con la problemática que se presenta en las comunidades por el consumo del agua en mal estado afectando a la salud de sus pobladores, se va a instalar un métodos de desinfección ayudando así a las familias que carecen de este servicio.

PROBLEMA

La falta de agua potable en regiones rurales donde no hay un sistema de purificación, provoca enfermedades hídricas como es el caso de la dermatitis y la diarrea, por tal motivo cuando mencionamos agua potable nos referimos al agua bebible para las personas, sin el riesgo de contraer enfermedades, también se refiere que está libre de algún elementos químicos u organismos patógenos los cuales al mezclarse con el individuo podrían ser mortales para los seres vivos, los cuales se encuentran directamente relacionados con la salud humana y el desarrollo de los pueblos.

El Centro Educativo “Princesa Toa”, no cuenta con un sistema de alcantarillado de agua potable o con una fuente de tratamiento, provocando que los niños de la institución consuman el agua lluvia directamente de los reservorios sin ser previamente tratada, causando enfermedades de origen patógeno, y microbiano.

OBJETIVO GENERAL

Determinar cuál de los tres sistemas de tratamiento es el más aceptable para la desinfección de agua lluvia en función al método SODIS en la comunidad Puerto Santa Ana, Parroquia Madre Tierra, Cantón Mera, Provincia Pastaza.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características socio demográficas de la población de estudio, para determinar la línea base.
- Aplicar el Método de Desinfección Solar (SODIS) mediante tres sistemas de desinfección accesibles para la comunidad de Puerto Santa Ana.
- Analizar los parámetros físicos-químicos y microbiológicos del agua lluvia de la comunidad.
- Determinar la calidad de agua que consume los habitantes, antes y después del tratamiento de desinfección, en la comunidad de Puerto Santa Ana con las normas NTE INEN 1108 Quinta revisión 2014-01 (calidad del agua potable) y el - ACUERDO No. 097-A 2015.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. AGUA

Las aguas dulces es un recurso muy escaso, amenazado y en peligro. De acuerdo a estudios realizados sobre los balances hídricos del planeta solamente el 0.007% de las aguas dulces del mundo se encuentran disponibles a todos los humanos directamente (Toledo, 2002).

El agua es un compuesto de características únicas en el mundo siendo este el principal componente de la vida, debido a que la mayor parte de ella se desarrolló en fondo oceánico; Al igual que el fuego y la tierra o el aire fue el agua en décadas antigua uno de los cuatro elementos principales formadores del mundo.

Los más recientes estudios de los especialistas y organizaciones internacionales, sugieren que para el año 2025 más de las dos terceras partes de la humanidad sufrirá de algún tipo de estrés por la falta de este líquido (L'vovich et al. 1995, Simonovic 1999).

El agua dulce y de consumo humano se encuentra en términos limitados en el planeta tierra siendo uno de los principales factores amenazados a un futuro no muy lejano.

2.2. AGUA POTABLE

El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida (Hernández, 2010).

Para poder obtener agua de este tipo se debe contar con ciertos estándares de calidad estando libre de sustancias o cuerpos extraños que perjudique a la salud del ser humano.

El crecimiento poblacional y el consecuente aumento de la demanda de agua potable tanto para el consumo directo como para usos industriales, ha permitido suponer a los expertos en recursos hídricos, afirmen que este siglo va ser una lucha por la escasez del agua potable (Hernández, 2010).

2.3. SODIS

La Desinfección Solar del Agua (SODIS) es una solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible para el tratamiento de agua para consumo humano a nivel doméstico, en lugares en los que la población consume agua cruda y microbiológicamente contaminada (Schertenleib Roland, 2003).

El método SODIS usa la energía solar para destruir los microorganismos patógenos que causan enfermedades transmitidas por el agua y de esa manera mejora la calidad del agua utilizada para el consumo humano. La desinfección solar no es una tecnología nueva, existen descripciones de comunidades en el subcontinente de la India hace cerca de 2000 años que disponían su agua de beber en bandejas abiertas para ser “bendecidas por el sol” (Schertenleib Roland, 2003).

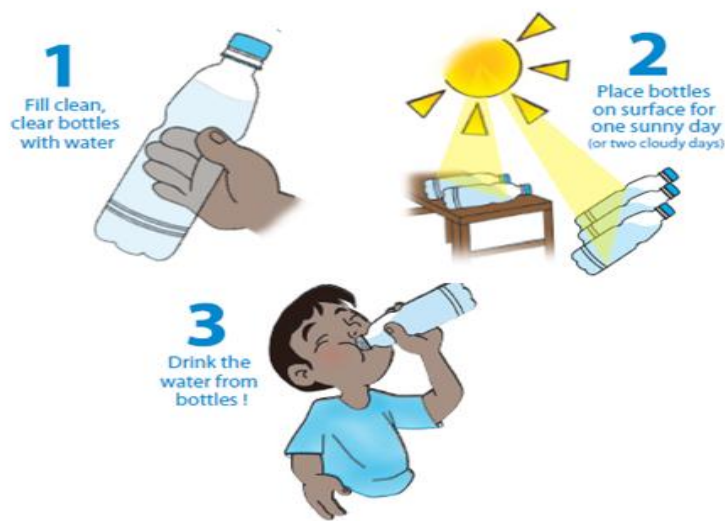
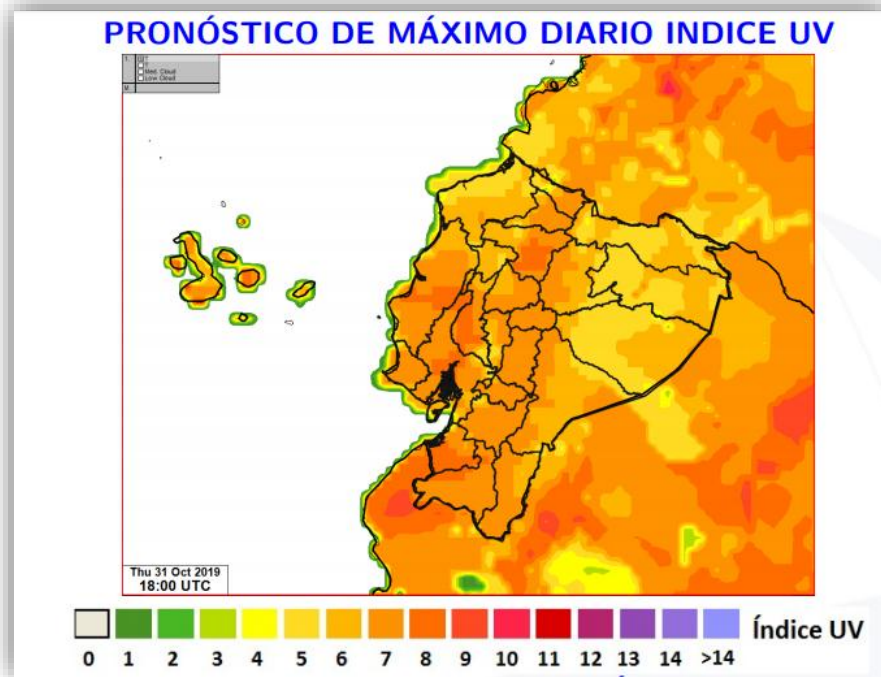


Imagen 1. Método SODIS

2.4. RADIACIÓN UV-A - TEMPERATURA

SODIS usa dos componentes de la luz solar para la desinfección del agua: El primero, la radiación UV-A, tiene efecto germicida y el segundo componente, la radiación infrarroja la cual eleva la temperatura del agua y genera el efecto de pasteurización cuando la temperatura llega a 70-75°C. El uso combinado de la radiación UV-A (Mapa 1) y del calor produce un efecto de sinergia que incrementa la eficacia del proceso (Wegelin, 2014).



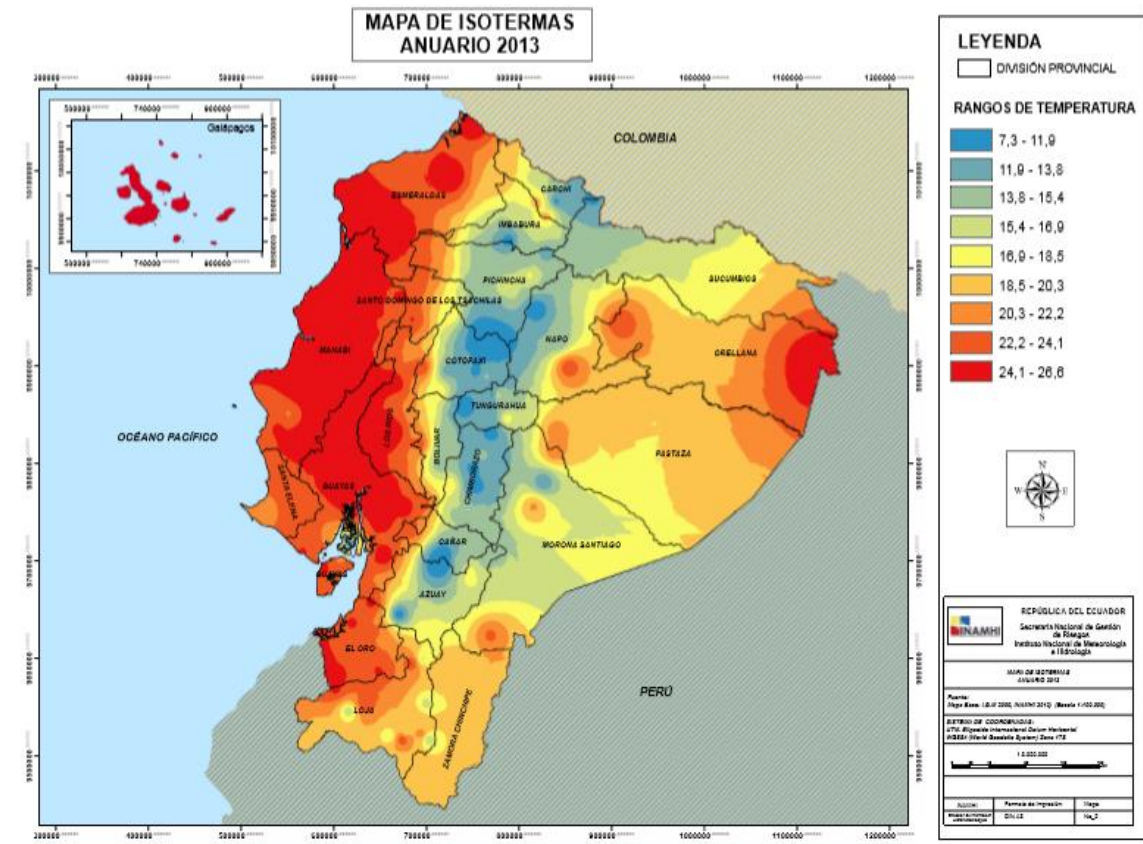
Mapa 1. Pronóstico diario de índice UV. Fuente INAMHI Anuario 2019.

Tabla 1. Cuadro con mayor categoría de índices UV.

Provincias con mayor categoría de índices UV		
Provincia - Región	Descripción	Rango Máximo
Región Litoral	Índice UV: Ente Moderado y Alto	5 – 8
Región Interandina	Índice UV: Ente Moderado y Alto	6 – 8
Región Amazónica	Índice UV: Ente Moderado y Alto	5 – 7
Región Insular	Índice UV: Ente Moderado y muy Alto	7 – 9

Fuente INAMHI Anuario 2019.

En la región amazónica el índice de radiación ultravioleta se encuentra entre 5-7 teniendo un rango de moderado y alto. Permitiendo una radiación eficaz en la provincia de Pastaza (Anuario Meteorológico, 2019). Tabla 1.



Mapa 2. Mapa de Isothermas. Fuente INAMHI.

La temperatura en la región amazónica se encuentra en un rango de 20,3-22,2, siendo este de moderado y alto (*Anuario Meteorológico*, 2019). Mapa 2.

2.5. CLIMA

El método SODIS depende de la radiación solar fundamentalmente, pero se debe de tener en cuenta que el clima juega un papel importante en la desinfección por el motivo de que la radiación solar se distribuye irregularmente y su intensidad varía dependiendo de la ubicación geográfica, la estación climática y las horas de exposición al día. “Es importante señalar que la mayoría de países en desarrollo están ubicados entre la latitud 35°N y 35°S. De tal modo, pueden basarse en la radiación solar como fuente de energía para la desinfección solar del agua para consumo humano”. (Bermudes, 2015).

El clima en la ciudad en la provincia de Pastaza ciudad del Puyo es tropical, teniendo una gran cantidad significativa de lluvias durante todo el año. De acuerdo con Köppen y Geiger clima se clasifica como Af (Ecuatorial o tropical húmedo, con lluvias repentinas a lo largo de todo

el año). La temperatura promedio en Puyo es 21.3 ° C. La precipitación media aproximada es de 4403 mm (Clasificación Climática de Koppen, 2012).

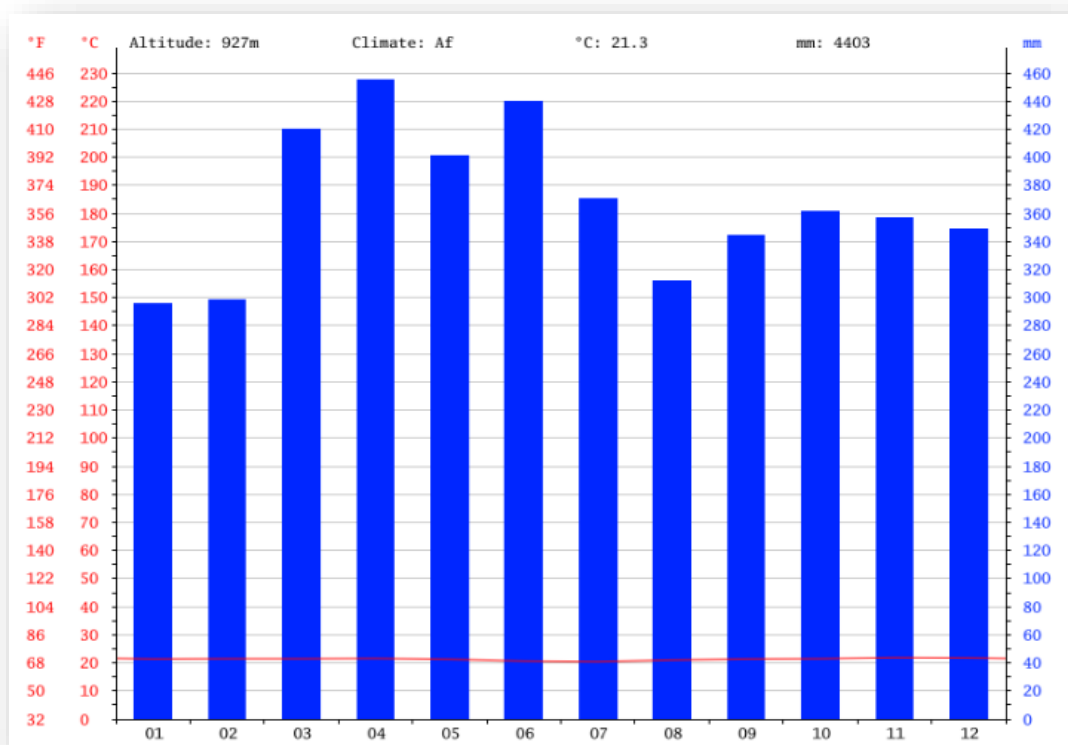


Imagen 2. Climograma Puyo Fuente Climate-Data.Org.

Según la tabla el mes más seco es en enero con una precipitación de 296 mm, y el mayor porcentaje de lluvias es en abril con 455 mm.

Tabla 2. Tabla Climática // Datos Históricos Del Tiempo Puyo.

	Enero	Febrer o	Mar zo	Ab ril	May o	Juni o	Juli o	Agost o	Septiemb re	Octub re	Noviembr e	Dicie mbre
Temperatu ra media (°C)	21.4	21.5	21.5	21. 6	21.3	20.6	20.4	21	21.4	21.5	21.9	21.8
Temperatu ra min. (°C)	16.9	17	17	17	16.9	16.1	16	16	16.2	16.3	16.9	17
Temperatu ra min. (°C)	25.9	26.1	26.1	26. 2	25.8	25.2	24.9	26	26.7	26.8	26.9	26.6
Precipitaci ón (mm)	296	298	240	455	401	440	370	312	344	361	357	349

Fuente Climate-Data.Org.

Como se muestra en la tabla la precipitación varía 159 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo.

2.6. TURBIEDAD DEL AGUA

Las partículas suspendidas en el agua reducen la penetración de la radiación solar en el agua e impiden que los microorganismos sean irradiados. Por lo tanto, la eficacia de desinfección de SODIS se ve reducida en agua turbia (Meierhofer & Wegelin, 2003). Si la turbiedad del agua es mayor a 30 UNT, es necesario pre-tratar el agua antes de exponerla a la luz solar. Los sólidos y partículas más grandes se pueden eliminar almacenando el agua cruda durante un día y dejando que las partículas se asienten en el fondo y luego, se decanta el agua. Se puede separar la materia sólida mediante filtración, usando una capa de arena o un paño. De no ser posible reducir la turbiedad mediante diferentes mecanismos de pre-tratamiento, es posible inactivar los microorganismos mediante la temperatura en lugar de mediante la radiación UV-A (Meierhofer & Wegelin, 2003).

2.7. OXÍGENO

SODIS es más eficaz en agua con altos niveles de oxígeno: la luz solar produce formas altamente reactivas de oxígeno (radicales libres de oxígeno y peróxidos de hidrógeno) en el agua. Estas moléculas reactivas reaccionan con las estructuras celulares y matan a los patógenos (Araujo, 2016)

2.8. BOTELLAS DE PLÁSTICO PET

El plástico es un material muy usado en todo el planeta, la cual ofrece muchas aplicaciones y usos útiles para las personas, es por eso que existen diferentes tipos de plásticos diferenciados por un código de identificación numeradas del 1 al 7, para distinguir la composición de resinas de los envases, este sistema es utilizado internacionalmente en el sector industrial (Gestores de Residuos, 2015).

Varios tipos de materiales plásticos transparentes son buenos transmisores de luz en el rango UV-A y visible del espectro solar. Las botellas de plástico PET (Polietileno tereftalato) aportan propiedades de barrera muy buenas al CO₂ y habitualmente tiene una buena resistencia química, resistencia a la degradación por impacto y resistencia a la tensión. Se recomienda el uso de botellas de PET pues contienen muchos menos aditivos que las botellas de PVC (Recoup, 2016).

TABLA 3. Tipos y Clasificación de Plásticos.

TIPOS DE PLÁSTICOS	N°	NIVEL DE TOXICIDAD	CARACTERÍSTICAS
PET (Poliétileno tereftalato)	1	Material Seguro	El PET se utiliza principalmente en la producción de botellas para bebidas. A través de su reciclado se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas.
HDPE (Poliétileno de alta densidad)	2	Material Seguro	El HDPE normalmente se utiliza en envases de leche, detergente, aceite para motor, etc.
PVC (Cloruro de polivinilo)	3	Usar con Preocupación	El PVC es utilizado en botellas de champú, envases de aceite de cocina, artículos de servicio para casas de comida rápida, etc.
LDPE (Poliétileno de baja densidad)	4	Usar con Preocupación	El LDPE se encuentra en bolsas de supermercado, de pan, plástico para envolver.
PP (Polipropileno)	5	Material Dañino	El PP se utiliza en la mayoría de recipientes para yogurt, sorbetes, tapas de botella, etc.
PS (Poliestireno)	6	Material Dañino	El PS se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne.
Otros	7	Desconocido	Generalmente indica que es una mezcla de varios plásticos.

Fuente. Gestores de Residuos.

2.9. FILTROS

Puede considerarse que un filtro es como un tamiz o micro criba que debe poseer propiedades especiales con capacidad de atrapar la mayor parte de partículas suspendidas. Las principales variables en el diseño de filtros son: Características del medio filtrante, porosidad y profundidad del lecho, tasa de filtración, pérdida de la carga disponible y características del afluente. La filtración depende de una combinación compleja de mecanismos físicos y químicos, tales como cribado, sedimentación, intercepción, adhesión, adsorción química, adsorción física y crecimiento biológico (Rossi Salinas, 2017).

2.10. NORMATIVA

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108 V Edición 2014 - CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución (NTE INEN 1108, 2014).

3.1.1 Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano (NTE INEN 1108, 2014).

3.1.2 Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas (NTE INEN 1108, 2014).

3.1.3 Límite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números (NTE INEN 1108, 2014).

3.1.4 UFC/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias (NTE INEN 1108, 2014).

ACUERDO MINISTERIAL 097-A

REGISTRÓ OFICIAL EDICIÓN ESPECIAL 387 DE 04-NOV.- 2015

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma (Acuerdo-097, 2015).

Principios Básicos.

- a) El proceso de control de la contaminación del recurso hídrico se basa en el mantenimiento de la calidad del mismo para la preservación de los usos asignados a través del cumplimiento de la respectiva norma de calidad, según principios que se indican en el presente documento (Acuerdo-097, 2015).
- b) Las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación (Acuerdo-097, 2015).
- c) Para el control de la contaminación de los cuerpos de agua de cualquier tipo, de acuerdo a la actividad regulada, el Sujeto de Control debe entre otras realizar las siguientes actividades: desarrollo del Plan de Manejo Ambiental, en el que se incluya el tratamiento de sus efluentes previo a la descarga, actividades de control de la contaminación por escorrentía pluvial, y demás actividades que permitan prevenir y controlar posibles impactos ambientales. Adicionalmente la Autoridad Ambiental podrá solicitar al regulado el monitoreo de la calidad del cuerpo de agua.
- d) Si el Sujeto de Control es un municipio o gobiernos provinciales, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés (Acuerdo-097, 2015).

5. DESARROLLO

5.1.1 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico.

5.1.1.3.

De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN para agua potable se deben implementar procesos de tratamiento adecuados y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2176:2013 PRIMERA REVISIÓN

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización (NTE-INEN-2176, 2013).

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las técnicas de muestreo generales. 2.2 No se aplica a los procedimientos para situaciones especiales de muestreo (NTE-INEN-2176, 2013).

3. DEFINICIONES

3.1 Para el propósito de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:

3.1.1 Muestra compuesta. Es la formada por dos o más muestras o submuestras, mezcladas en proporciones conocidas, de la cual se puede obtener un resultado promedio de una característica determinada. Las proporciones para la mezcla se basan en las mediciones del tiempo y el flujo (NTE-INEN-2176, 2013).

3.1.2 Muestra instantánea, puntual, individual. Es la muestra tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua) (NTE-INEN-2176, 2013).

3.1.3 Equipo de muestreo: Es el equipo usado para obtener una muestra de agua, para el análisis de varias características predefinidas (NTE-INEN-2176, 2013).

3.1.4 Muestreo. Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas (NTE-INEN-2176, 2013).

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:2013

PRIMERA REVISIÓN

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

OBJETO

1.1 Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos (NTE-INEN-2169, 2013).

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis (NTE-INEN-2176, 2013).

3. DEFINICIONES

3.1 Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.0 (NTE-INEN-2176, 2013).

3.2 Principalmente en casos de duda, se debe consultar al analista y/o al especialista que interpretará los resultados, antes de decidir sobre el método preciso de conservación y manipulación (NTE-INEN-2176, 2013).

3.14 Manejo y conservación

3.14.1 Tipos de recipientes

3.14.1.1 Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

3.14.1.3 El uso de recipientes opacos o de vidrio ámbar puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente (NTE-INEN-2176, 2013).

4. INSPECCIÓN

4.1.5.3 Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable (NTE-INEN-2176, 2013).

4.1.5.4 Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

4.1.6 Recepción de las muestras en el laboratorio (NTE-INEN-2176, 2013).

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1105:1983

FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2012-10-29

AGUAS. MUESTREO PARA EXÁMEN MICROBIOLÓGICO

INTRODUCCION

0.1 El muestreo necesita una serie de cuidados y precauciones que se requieren observar minuciosamente, para que los resultados finales sean lo más exactos posible, teniendo tanta importancia la recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra como el análisis mismo (NTE-INEN-1105, 2012).

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece criterios generales que deben observarse en el proceso de recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra de agua para análisis microbiológico (NTE-INEN-1105, 2012).

2. EQUIPO

2.1 Frascos adecuados para la recolección de la muestra, esterilizables y protegidos convenientemente (NTE-INEN-1105, 2012).

2.2 Aparato de muestreo. Que permita sujetar la botella y extraer mecánicamente el tapón bajo el agua (NTE-INEN-1105, 2012).

2.3 Aparato de esterilización; uno de los siguientes:

- a) estufa de aire caliente, con temperatura regulable entre 160 a 180°C;
- b) autoclave para esterilizar a 121°C;
- c) esterilizador a gas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

La comunidad Ancestral Puerto Santa Ana se encuentra ubicado en la Provincia de “Madre Tierra” km 16, con un total de 300 habitantes entre gremios y asociaciones. La comunidad es parte dela Comuna San Jacinto del Pindo y cuenta con 4 nacionalidades; Kichwa, Achuar, Shuar y Zapara, pueblos que están asentados dentro de la provincia de Pastaza.



Mapa 3. Área de estudio de Puerto Santa Ana. Fuente Arcgis 10.5.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación en este proyecto es descriptiva y experimental, es necesario que la investigación se haga de forma sistemática, con unos objetivos claros y que parte de los aspectos puedan ser comprobados para esto la recopilación de datos se realizara aplicando la combinación de métodos y técnicas de investigación.

- **Investigación Descriptiva:** El objetivo de este tipo de investigación es establecer una descripción lo más completa posible de un fenómeno, situación o elemento en concreto, para esto mide las características y observa los procesos que componen los fenómenos, sin pararse a valorarlos.
- **Investigación Experimental:** Este tipo de investigación se basa en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, observando el grado en que las variables implicadas producen un efecto determinado. Los datos se obtienen de muestras aleatorias la cual permite establecer diferente hipótesis y contrarrestarlas a través de un método científico.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE

Para la recolección de datos de línea base se realizó una capacitación en el coliseo de la Comunidad Puerto Santa Ana, sobre el método SODIS, tomando en cuenta a las 9 familias interesadas entre ellos el presidente de la comunidad el Señor Francisco Vargas y el presidente de padres de familia del Centro educativo el Señor Walter Vargas; posteriormente se realizó una encuesta con preguntas cerradas en el cual se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Condiciones de vida
- Servicio de agua potable
- Salud

3.3.2. FASE 1.- ÁREA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA INICIAL Y CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO ECOLÓGICO

ESQUEMA METODOLÓGICO PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS

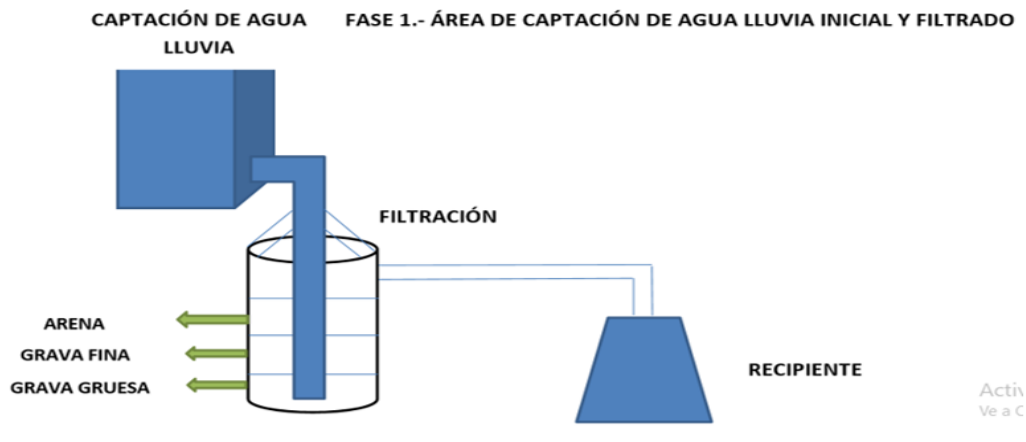


Imagen 3. Área de captación de agua lluvia inicial y construcción del filtro ecológico.

3.3.2.1. TOMA DE MUESTRA INICIAL DE AGUA LLUVIA

Para la toma de muestra inicial de agua lluvia se tomó en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:2013

1. La recolecta de agua se hizo directamente del contenedor sin ningún tratamiento previo, con el motivo de que el agua debe de contar con todos contaminantes iniciales.
2. Se envasa y se conserva la muestra inicial para previamente ser analizada en el laboratorio.

3.3.2.2. TOMA DE MUESTRA PARA PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS

Para la toma de muestras para los análisis de parámetros físico-químicos se tomó en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 169:98, mediante la aplicación del método manual simple.

1. Se identificó el tanque de almacenamiento de agua lluvia en la escuela Princesa Toa de la Comunidad Puerto Santa Ana.
2. Se limpió la llave de donde sale el agua lluvia.
3. Se abrió la llave y se procedió a llenar una botella de vidrio tipo ámbar con capacidad de 3 litro verificando que se encuentren totalmente llenos de forma que no exista aire sobre la muestra, con su respectiva etiqueta; para evitar que cambie la composición

inicial de la muestra.

4. Se almacenó la muestra en un cooler para mantener su temperatura inicial.

3.3.2.3. TOMA DE MUESTRA PARA PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Para la toma de muestras para los análisis de parámetros físico-químicos se tomó en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1105:1983 (2012) mediante la aplicación del método manual simple.

1. Se identificó el tanque de almacenamiento de agua lluvia de la escuela Princesa Toa de la Comunidad Puerto Santa Ana.
2. Se limpió la llave de donde sale el agua lluvia.
3. Se comprobó que el grifo que suministra el agua sea directamente de una tubería de la red a través de la línea de servicio.
4. Se abrió el grifo de manera completa y se dejó que el agua fluya por aproximadamente tres minutos para permitir la purga de la línea de servicio.
5. Se abrió la llave y se procedió a llenar, evitando salpicaduras, una botella de vidrio tipo ámbar con capacidad de 3 litro dejando un espacio de aire en el frasco para que se facilite el mezclado de la muestra por agitación previo a los exámenes, con su respectiva etiqueta; para evitar que cambie la composición inicial de la muestra.
6. Se almacenó la muestra en un cooler para mantener su temperatura inicial.

ANÁLISIS FÍSICOS – QUÍMICOS

En el análisis físico-químico de la muestra se tomaron en cuenta los siguientes parámetros

1. pH.
2. Temperatura.
3. Turbidez.
4. Sólidos totales.
5. Conductividad.

METODOLOGÍA PARA MEDIR EL PH

Para la medición del pH de todas las muestras anteriormente mencionadas, se utilizó el dispositivo, phmetro thermo orion 4 star, facilitada por el laboratorio de Microbiología de la Universidad Estatal Amazónica, se realizó los siguientes pasos:

1. Se enjuago el electrodo con agua destilada para no alterar los resultados de las demás muestra, posteriormente se retiró el exceso de agua con un paño libre de pelusas.
2. Se colocó el electrodo dentro de la muestra.
3. En este caso el medidor estaba en modo de medición automática, la lectura permanece intermitente, cuando ya dio la lectura real de pH este se estabiliza y ya tenemos la medición del pH.
4. Se retiró el electrodo de la muestra.
5. Enjuagar el electrodo, para la lectura de las demás muestras.



Imagen 4. Máquina phmetro thermo orion 4 star.

METODOLOGIA PARA MEDIR LA CONDUCTIVIDAD Y LA TEMPERATURA

El dispositivo utilizado para la medición de la conductividad y la temperatura de las muestras fue InoLab Cond 720. En el caso de la temperatura, al momento de colocar la muestra para la medición de la conductividad, este dispositivo da simultáneamente la temperatura del agua la cual está en ese momento, esto se logra gracias al funcionamiento de multifunción del dispositivo.

Para calcular la conductividad de las muestras se llevó acabo los siguientes pasos:

1. Primero se debe de calibrar el dispositivo, para la adecuada medición de la conductividad de las muestras.
2. Luego de haber calibrado el dispositivo, se lavó el electrodo con agua destilada y se removió el exceso de agua con un pañito sin pelusas.
3. Se colocó el electrodo dentro de las muestras, se presiona inicio y toca esperar alrededor de 3 a 5 minutos para verificar el valor real de la conductividad.
4. Se limpió con agua destilada para no alterar el resultado de las demás muestras y así con todas las muestras.



Imagen 5. Máquina InoLab Cond 720.

METODOLOGÍA PARA MEDIR LA TURBIDEZ

El dispositivo utilizado para la medición de la turbidez de todas las muestras fue el Turbidímetro Portátil 2100Q la cual ofrece una gran facilidad de uso y exactitud en la medición de la turbidez, además la empresa Hach nos ofrece características únicas y avanzadas para la medición, ofreciendo resultados exactos en todo momento, los pasos a seguir fueron los siguientes:

1. La cubeta de muestra y la tapa debe estar perfectamente limpias y sin rayas, se debe limpiar la parte externa e interna de la cubeta y la tapa con agua destilada, para evitar la difusión de la luz.
2. Se llenó la cubeta con la muestra a analizar hasta la línea especificada, se tapa inmediatamente para evitar contaminación.
3. Limpiamos con un paño libre de pelusas antes de ingresar en el dispositivo.
4. Una vez ingresado en el dispositivo, se presiona los botones de arriba y abajo para acceder a las opciones de medición y luego seleccionar identificación de la cubeta.
5. Pulsamos la tecla de medición y se espera hasta que los datos se estabilicen, la pantalla una vez estabilizado muestra la turbidez en NTU y procedemos a registrarla.
6. Limpiamos nuevamente la cubeta y la tapa para nuevas mediciones.



Imagen 6. Máquina Turbidímetro Portátil 2100Q.

METODOLOGÍA PARA LOS SÓLIDOS TOTALES

La metodología utilizada para saber cuánto Sólidos Totales tenemos en cada muestra, fue la de Diferencia de Pesos, esta metodología fue impartida en el Laboratorio de Química.

Materiales

1. Papel filtrante
2. Estufa marca BARSTEAD, modelo 3513
3. Balanza Analítica
4. Muestras de agua
5. Embudos
6. Agua destilada
7. Recipientes de vidrios

Procedimiento

1. Preparamos y alistamos los papeles en la cual se filtró las muestras de agua.
2. Procedemos a poner el papel filtrante en la estufa a una temperatura de 100° C, durante dos horas aproximadamente.
3. Retiramos los papeles de la estufa y procedemos a pesar en las balanzas analíticas y así conocer su peso antes del filtrado.
4. Luego procedemos a medir 100 mililitros de cada muestra y filtramos por el papel.
5. Una vez ya filtrado la muestra de agua por el papel, esperamos unos 5 minutos para que se escurra por completo, y colocamos nuevamente los papeles en la estufa a la misma temperatura y en el mismo tiempo.

6. Se retira el papel y se lo vuelve a pesar, por medio de cálculos se saca los valores totales de Sólidos Totales, a este procedimiento se lo conoce como Diferencia de Pesos.

Cálculo:

$$\text{mg solidos suspendidos totales/ L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Vol muestra, mL}}$$

Dónde:

A: peso del filtro + residuo seco (en g).

B: peso del filtro seco antes de la filtración (en g).



Imagen 7. Balanza analítica.

3.3.2.4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS FILTROS ECOLÓGICOS

La filtración por medios granulares, es la forma más económica y eficiente de separar sólidos que se encuentran sedimentados en el agua, la filtración es un proceso unitario y de gran importancia al momento de tratar el agua contaminada, para tal medida se utiliza 3 niveles de filtración de agua que sería grava gruesa, media y fina.

FILTRO DE GRAVA GRUESA MEDIA Y FINA

GRAVA GRUESA (AGREGADOS GRUESOS)

Son aquellas que provienen de la desintegración de las rocas y se los conoce como gravas, las gravas gruesas tienen el funcionamiento de retener los sólidos y partículas de mayor tamaño por lo que su implementación se lo realiza al fondo del recipiente del contenedor de filtración.

GRAVA MEDIA (AGREGADOS MEDIOS)

Son los materiales que están conformado por una mezcla de arena y grava uniformemente proporcionados, estas gravas cumplen el funcionamiento de retención de los sólidos que han pasado atreves de las gravas gruesas.

GRAVA FINA (AGREGADOS FINOS)

Son considerados el ultimo sistema de filtraje, debido a que sus compuestos son de partículas finas asimilándose a la arena, teniendo la función de purificar el agua y de retener partículas.

PROCESO DE LAVADO DE GRAVA GRUESA, MEDIA Y FINA

La selección y lavado de la grava es un proceso que consta de la desinfección mediante el uso de agua destilada y posteriormente a la selección, este proceso se llevó acabo manualmente (Imagen 8).



Imagen 8. Lavado de grava.

La construcción se realizó en la captación de agua que está ubicado en el Centro Educativo Comunitario “Princesa Toa” de la comunidad de Puerto “Santa Ana”, en los cuales los agregados de grava, gruesa, media y fina, deben cumplir con todos los requisitos de implementación que son:

1. La conexión se llevó a cabo mediante tuberías PVC, que sale de la boquilla del recipiente transportando el agua de forma descendente.
2. Se utilizó un total de 6 metros de tubería PVC conectadas mediante codos los cuales ayudaron en el transporte del agua.

3. En el proceso se instala un reductor de presión con el propósito de que el agua pase por una manguera hacia el filtro de forma uniforme.
4. El recipiente donde se va a poner los filtros de grava, paso por un proceso de lavado y desinfección adecuado.
5. En la parte inferior del recipiente al tubo que ingresa con el agua se realizó unas 20 perforaciones con el motivo de que el agua salga sin presión y uniforme hacia los agregados.
6. Se colocó un total de 10 cm de agregados gruesos van en el fondo del recipiente por el motivo de que tienen el funcionamiento de retener los sólidos y partículas de mayor tamaño.
7. Posteriormente se agregó otros 10 cm de lo que sería agregados medios y finos; la grava fina o arena es un método que sirve como un purificador sencillo, reteniendo los residuos pasando de esta manera de agua contaminada al agua potable.



Imagen 9. Construcción del filtro

3.3.3. FASE 2.- ÁREA DE FILTRACIÓN DEL AGUA LLUVIA Y APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS

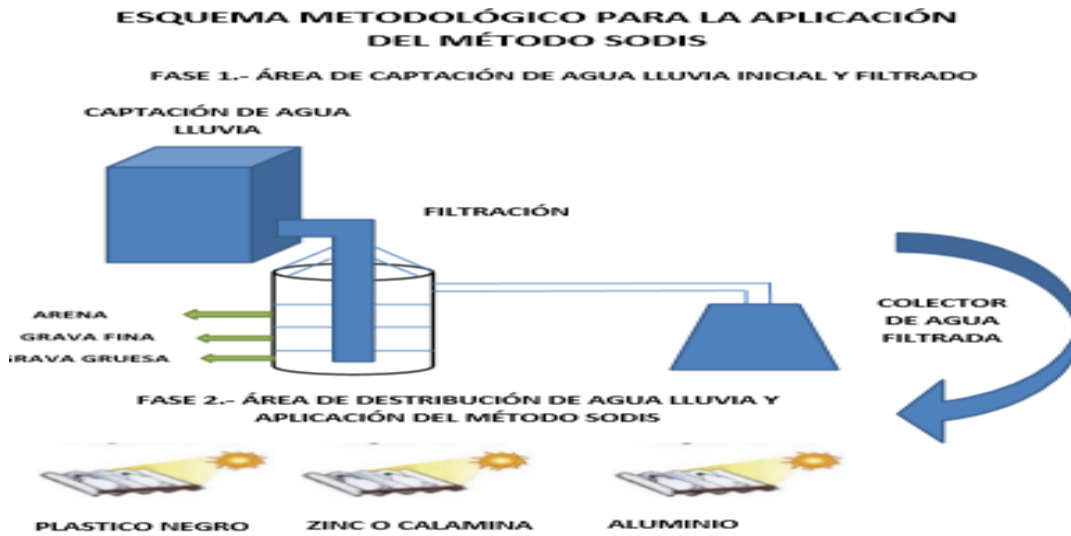


Imagen 10. Área de filtración del agua lluvia y aplicación del método SODIS.

3.3.3.1. FILTRACIÓN DEL AGUA LLUVIA

Una vez el agua lluvia paso por el proceso de filtración se llevó la distribución hacia las botellas plásticas de 3 litros “PET”, las mismas que deben ser transparentes y lisas con un pre-tratamiento de limpieza para optimizar la absorción de luz para posteriormente colocarlas en una platabanda dividida en 3 secciones las cuales fueron: plástico negro, aluminio, zinc y así poder comparar cuál de estas tres es la más eficaz para la desinfección por medio de la radiación solar.



Imagen 11. Desinfección de botellas PET.

3.3.3.2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SODIS

PLÁSTICO NEGRO

El plástico negro es fabricado con una excelente calidad y resistencia, puede ser de material virgen o reciclado también cuenta con un filtro UV para tener resistencia al sol. La utilización de plástico negro permite el funcionamiento del sistema solar aprovechando al máximo el aporte de la radiación solar, atrapando la energía en el interior del sistema y manteniendo la temperatura estable para la correcta desinfección del agua lluvia.

LÁMINA DE ALUMINIO

Destacado por su capacidad de resistir la corrosión y por su baja densidad, es atractivo para la industria, lo que ha hecho de este metal uno de los más importantes, tanto en cantidad como en variedad de usos, solamente superado por el hierro (Rodríguez J. et al., 2006). Adecuado como un tipo de protector el aluminio sirvió como soporte para las botellas PET, gracias a la resistencia hacia la corrosión y fácil utilización a igual manera que el zinc.

LÁMINA DE ZINC

Existen diferentes tipos de láminas que podemos utilizar como parte del tratamiento de desinfección del agua entre ellas tenemos láminas de acero, láminas de PVC, laminas acrílicas, laminas galvanizadas, láminas de tejas y láminas de acerolit (Nolalo, 2016).

Este tipo de láminas se caracterizan por ser ligeras a comparación de los demás materiales tradicionales, tienen una mayor utilidad en los diferentes trabajos, se adaptan a diferentes formas acorde a la durabilidad y pueden ser utilizadas en cualquier tipo de soportes (Multy Casetas, 2017).

A comparación de las demás láminas mencionadas anteriormente la lámina de zinc es la que más destaca entre ellas, ya que al ser una lámina de acero el cual se presenta un compuesto intermetálico y conformado en un 99.95 por ciento de zinc, también posee antimonio, aluminio, etc. Le otorga una buena resistencia a la corrosión y durabilidad es compatible para el soporte de las botellas PEV, el mismo que a su vez se adapta fácilmente con otros materiales de construcción. Las ventajas de este tipo de techos es que son livianos, presentan una alta resistencia a la corrosión, presenta una alta resistencia mecánica, alta resistencia a los agentes biológicos y alto nivel de impermeabilidad.

APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS

Para la aplicación del método SODIS se construyó una platabanda de madera con una cubierta de plástico negro, aluminio y zinc para posteriormente dejar las botellas expuestas al método de desinfección solar. El ángulo de la cubierta debe ser inferior a 20° para que las botellas puedan permanecer en el soporte durante el tiempo de ensayo. Para la investigación de campo se utilizó el procedimiento recomendado en el manual de SODIS:

1. Lavar las botellas en este caso se recomienda utilizar botellas de material PET: la botella debe ser: transparente, incolora y de 3 litros de volumen o más pequeña y tener todas las etiquetas de plástico, se lavó las botellas para eliminar residuos existentes que puedan contaminar la muestra, para el lavado se utilizó agua destilada antes del primer uso.
2. Llene las $\frac{3}{4}$ de la botella con agua lluvia recolectada, se debe agitar la botella por 20 segundos, esto hace que la muestra incremente los niveles de oxígeno la cual ayuda a la eliminación de patógenos.
3. Exponga la botella al sol: la botella se expuso a la luz solar directa (en esta investigación se realizó el muestreo en un lapso de 48 horas)
4. Almacenar el agua: el agua tratada se almaceno en las botellas hasta el consumo para evitar el re contaminación.
5. Para el análisis microbiológico y análisis físico-químico se tomó muestras en envases esterilizados, para posteriormente ver resultados de laboratorio.



Imagen 12. Platabandas de desinfección.

3.3.4. FASE 3.- ANÁLISIS DE AGUA

3.3.4.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Análisis microbiológico: Con el propósito de conocer el estado sanitario y de establecer los indicadores microbiológicos más adecuados, se plasmará análisis para saber los microorganismos patógenos que se encuentran en el agua y que son capaces de alterar la salud de las personas que la consumen. (Delgado et al, 1992).

La toma de muestra de agua lluvia se llevó a cabo en la comunidad de Puerto Santa Ana, utilizando guantes para evitar la re contaminación, el volumen recolectado fue de 3 litros de capacidad, en el mes de octubre siendo uno de los meses con mayor radiación.

Se tomaron muestras separadas para los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos, el traslado de la muestra se lo realizó mediante los frascos de vidrio Ámbar bajo refrigeración demorándose unas 2 horas.

La muestra se tomó el mismo día que se hicieron los análisis en el laboratorio, en donde nos permitió garantizar el grado de eficiencia que se obtuvo, en 3 niveles de contaminación permisibles:

Dónde:

Nmict=Numero de microorganismos totales

Nmiccu= Numero de microorganismos por cuadrante

METODOLOGÍA DE SIEMBRA PROFUNDA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS

Las UFC es un método que se emplea para poder cuantificar el número de microorganismos, es decir cuántas bacterias o células fugitivas se formaron en un determinado ambiente, permitiendo de esta manera el conteo de cuantos microorganismos puede existir en un determinado producto.

PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

SIEMBRA PARA AISLAMIENTO

Materiales: Pipetas estéril, Placas de Petri vacías, Agar nutritivo

1. Se transfirió con una pipeta estéril una cantidad de 1000 mililitros en la cual se puso un total de 20 mililitros de agua de peptona para el enriquecimiento de los microorganismos en una serie de placas de Petri.
2. En cada placa de tubo de agar se mezcló el inocuo con el medio de cultivo mediante una rotación suave.
3. Se dejó incubar las placas en una posición invertida a una temperatura deseada de 24° C.
4. Después de la incubación se observó en las placas las Unidades Formadoras de Colonias las cuales estaban bien marcadas en la superficie del agar. Cada una de estas colonias los descendientes de las bacterias

MÉTODO DE CONTEO

Para la cuantificación de los resultados obtenidos de las siembras se procedió al método de conteo en la cual se utiliza la técnica de cuadrantes.

La división se realizó en una caja Petri con cuadrantes exactos divididos en 4, y el conteo se lo llevo a cabo únicamente en un cuadrante de los cuales se multiplica por los 4 restantes, y posteriormente se procedió a multiplicar por el factor de dilución que seria 10 a la -1, obteniendo de esta manera el resultado del total de las muestras.

BACTERIAS IDENTIFICADAS

- Microorganismos color blanco y amarillos: Enterobacterias
- Microorganismos color morado: Mesofilos Totales
- Microorganismos color rosado: Coliformes fecales
- Microorganismos color azul-verde: Eschericha coli

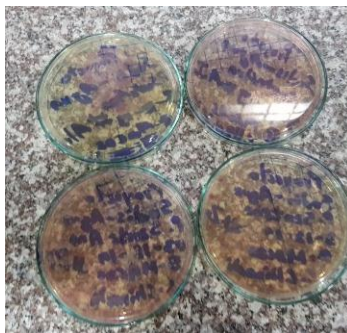


Imagen 13. Muestras del laboratorio.

3.3.4.2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

Tabla 4. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico microbiológico.

Parámetros	Expresado Como	Límite Máximo Permisible
Coliformes Totales	Nmp/100 ml	3000
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml	1000

Fuente: Acuerdo ministerial 097-A

Tabla 5. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico físico-químico.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Temperatura		°C	Condición Natural + o - 3 grados
Turbidez		UTN	100

Fuente: Acuerdo ministerial 097-A

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE EN 9 FAMILIAS

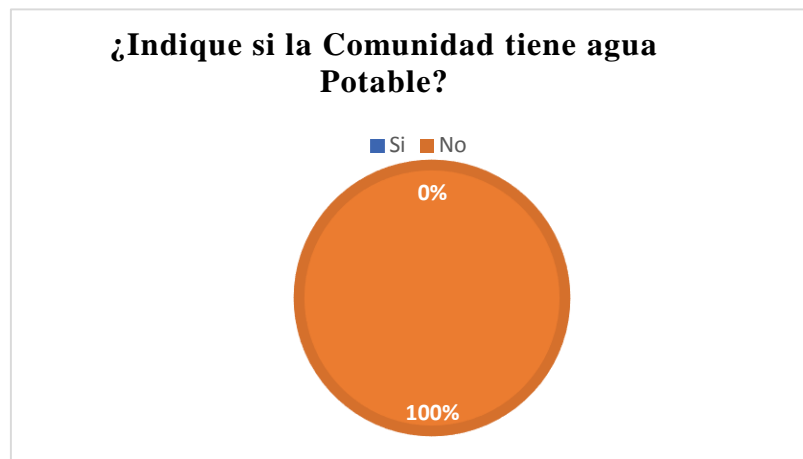


Gráfico 1. Pregunta número 1.

Elaborado por Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

De acuerdo con escueta de la pregunta 1 el 100% de las familias no cuentan con un sistema de agua potable, permitiendo de esta manera la propagación de enfermedades de origen bacteriano



Gráfico 2. Pregunta número 2.

Elaborado por Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

Los resultados de la pregunta 2 indican que el 78% de las familias consumen el agua lluvia en sus hogares y que 22% familias lo hacen de otras fuentes.

¿Indique si su familia utiliza el agua del río para el consumo diario en los hogares?

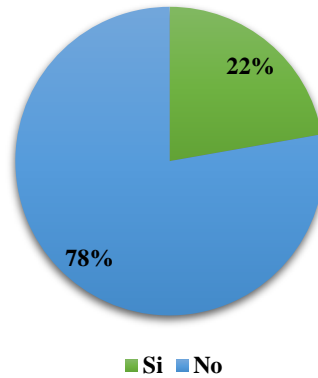


Gráfico 3. Pregunta número 3.

Elaborado por Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

De acuerdo con los resultados de la pregunta 3 el 22 % de las familias utilizan en lagua del río para el consumo diario en sus hogares, mientras que un 78% lo hace directamente del agua lluvia.

¿Cuenta usted con un tanque reservorio para el almacenamiento del agua?

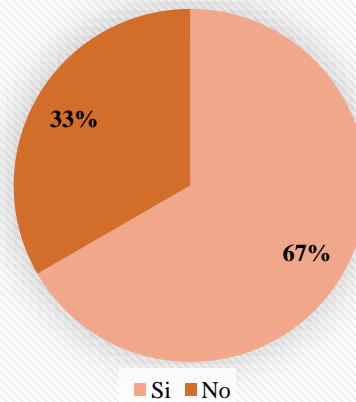


Gráfico 4. Pregunta número 4.

Elaborado por Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

Los resultados obtenidos de la pregunta 4 el 67% de las familias interesadas cuentan con un sistema de captación del agua lluvia facilitando de esta manera la implementación de un sistema de tratamiento, mientras que el 33% restante no cuenta con un sistema de captación dificultando la recolecta del agua lluvia.

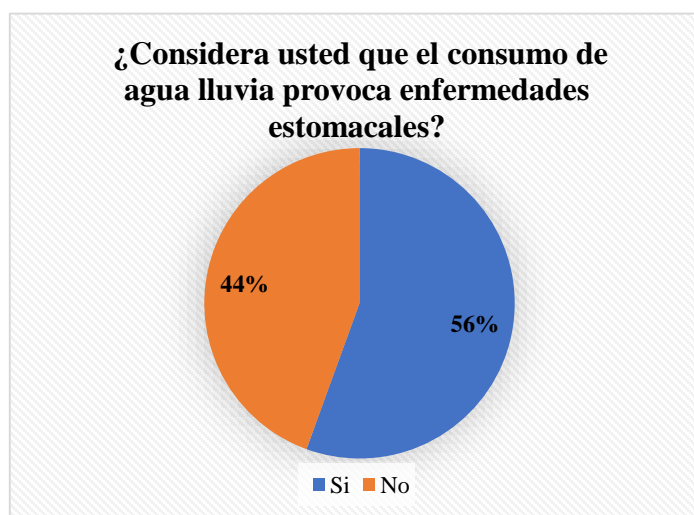


Gráfico 5. Pregunta número 5.

Elaborado por Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

De acuerdo a los datos de la pregunta 4 el 56% de las familias considera que consumir el agua lluvia directamente sin un previo tratamiento de desinfección ocasiona enfermedades de origen estomacales, mientras que un 44% considera que no ocurre nada.

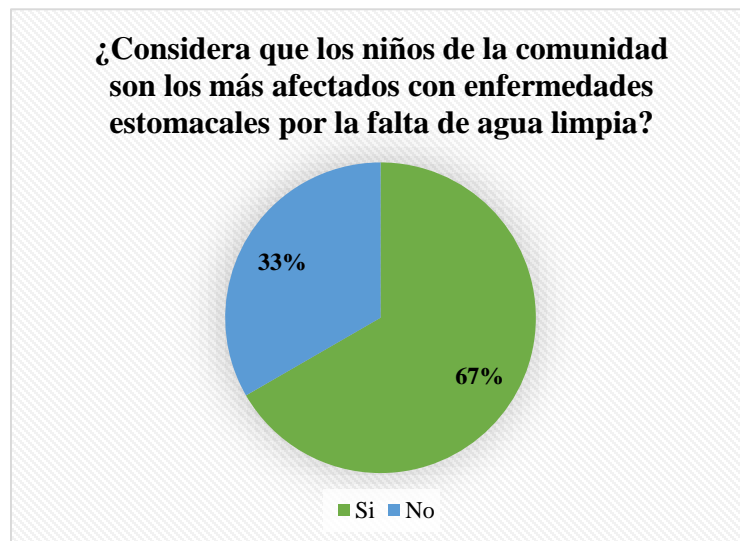


Gráfico 6. Pregunta número 6.

Elaborado por Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas.

El 67% de las familias considera que los más afectados con enfermedades a causa del consumo de agua lluvia son los niños, como se demuestra en el pastel de datos, mientras que el 33% afirma que no ocurre nada.

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE LOS LABORATORIOS

Los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos se realizaron a partir del 25 hasta el 29 de noviembre del 2019 en los Laboratorios de Química y Microbiológicos de la Universidad Estatal Amazónica de la Ciudad de Puyo. Para comprobar la eficiencia del método SODIS, se llevaron a cabo una serie de ensayos sobre las 7 muestras recolectadas tanto al inicio y después de la aplicación del método SODIS. Los parámetros Físicos-Químicos analizados fueron: pH, turbidez, sólidos totales, conductividad y temperatura; y dentro de los parámetros Microbiológicos se analizaron: Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Aerobios Totales. Para un mayor entendimiento de los resultados obtenidos de las muestras de agua se han tabulado los valores y se ha detallado cual ha sido sus efectos en cada uno de los tratamientos utilizados tanto en la Lámina de Zinc, Lámina de Aluminio y el Plástico negro.

Cabe recalcar que la metodología utilizada en este proyecto nos permite reducir la carga microbiana del agua y al mismo tiempo mejorar o mantener los estándares permitidos para los parámetros Fisicoquímicos.

4.1. ANALISIS FÍSICOS-QUÍMICOS LÁMINA DE ZINC

Tabla 6. Datos de los Parámetros Físicos-Químicos, entre la Muestra Inicial y la Lámina de Zinc.

	M. Inicial	Lámina de Zinc	Variación	Límite Máximo Permisible (097-A)	Límite Máximo Permisible (NTE INEN 1108:2014)
PH	5,99	6,36	0,37	6-9	No registra
Turbidez (NTU)	2,88	1,85	1,03	100	5
Sólidos Totales (g)	0,0267	0,0192	0,0075	No registra	No registra
Conductividad(uS/cm)	30,5	12,8	17,7	No registra	No registra
Temperatura (°C)	23	26	3	Condición Natural + o - 3 grados	No registra

Fuente: Acuerdo ministerial 097-A, NTE INEN1108:2014

Como podemos observar en la tabla (6), en la Muestra Inicial el pH es de 5,99 la cual no llega a los estándares permitidos para el consumo de agua, después de pasar por el tratamiento de filtrado y de realizar la metodología SODIS, se puede apreciar una gran mejoría, ya que al aumentar la temperatura mejoraron todos los parámetros, en el caso de la lámina de zinc que alcanzo la mayor temperatura de 26 C debido a que el zinc tiene mayor absorbancia y por ende va a calentar más a comparación de los materiales, su pH alcanzo los 6,36 la cual está dentro de los límites permisibles.

Los demás parámetros como la Turbidez, conductividad y solidos totales al igual que el pH mejoraron notablemente, dando a entender la que la metodología utilizada ayudo a reducir las cantidades excesivas de los parámetros.

LÁMINA DE ALUMINIO

Tabla 7. Datos de los Parámetros Físicos-Químicos, entre la Muestra Inicial y la Lámina de Aluminio

PÁRAMETROS	M. Inicial	Lámina de Aluminio	Variación	Límite Máximo Permisible (097-A)	Límite Máximo Permisible (NTE INEN 1108:2014)
PH	5,99	6,31	0,32	6-9	No registra
Turbidez (NTU)	2,88	2,45	0,43	100	5
Sólidos Totales (g)	0,0267	0,0245	0,0022	No registra	No registra
Conductividad(uS/cm)	30,5	15,2	15,3	No registra	No registra
Temperatura	23	24	1	Condición Natural + o - 3 grados	No registra

Fuente: Acuerdo ministerial 097-A, NTE INEN1108:2014

En la tabla (7), indica las comparaciones de valores entre la muestra inicial y la lámina de aluminio, los valores de la muestra inicial son igual para todas las demás muestras, podemos ver que los valores de pH, turbidez, solidos totales, conductividad y temperatura mejoran a comparación de la muestra inicial, la cual nos indica que este tratamiento de agua nos ayuda a reducir las cargas microbianas y mejorar los parámetros Físicos-Químicos.

Si comparamos la Lámina de Aluminio con la Lámina de Zinc se puede observar notoriamente que el zinc tiene mejores condiciones en los valores Físicos-Químicos, esto se debe a que la Lámina de Zinc, tiene mayor absorbancia y mayor temperatura, por ende, va a tener una mayor eficiencia para el tratamiento de agua lluvia.

PLÁSTICO NEGRO

Tabla 8. Datos de los Parámetros Físicos-Químicos, entre la Muestra Inicial y el Plástico Negro.

PÁRAMETROS	M. Inicial	Plástico Negro	Variación	Límite Máximo Permisible (097-A)	Límite Máximo Permisible (NTE INEN 1108:2014)
PH	5,99	6,26	0,27	6-9	No registra
Turbidez (NTU)	2,88	2,8	0,08	100	5
Sólidos Totales (g)	0,0267	0,0252	0,0015	No registra	No registra
Conductividad(uS/cm)	30,5	17,4	13,1	No registra	No registra
Temperatura	23	25	2	Condición Natural + o - 3 grados	No registra

Fuente: Acuerdo ministerial 097-A, NTE INEN1108:2014

Este sistema de tratamiento para la desinfección de agua lluvia de la Comunidad Puerto Santa Ana, es el menos efectivo a comparación con los otros dos sistemas, sin embargo, se puede apreciar en la tabla (8), datos que si mejoran las condiciones iniciales de la muestra de agua, al hablar sobre la eficiencia de los tres sistemas de desinfección de agua, deducimos por valores y por análisis que este tratamiento es el menos eficaz para la desinfección de agua lluvia pero los valores o datos obtenidos del mismo mejoran las condiciones iniciales del agua sin tratar, un ejemplo de esto es el pH, el valor inicial es 5,99 y después del tratamiento tenemos un 6,26 siendo el menor de los otros tratamientos, sin embargo cumple con los límites permisibles y así con los demás parámetros.

4.2. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

TEMPERATURA TOMADA EN DISTINTOS TIEMPOS

Tabla 9. Temperaturas tomadas en distintos tiempos.

Material	Hora/ Litros	9 am	12 am	3 pm
Zinc	3 L	35 ° C	37, 3 ° C	39, 4 ° C
P. Negro	3 L	35 ° C	37, 2 ° C	38, 3 ° C
Aluminio	3 L	35 ° C	36, 1 ° C	36, 1 ° C

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

En la tabla 9, los promedios de las temperaturas tomadas en distintas horas de los diferentes sistemas de desinfección (Zinc, P. Negro, Lámina de aluminio)

Tabla 10. Absorbancia y Reflexión de los tres sistemas de desinfección.

Material	Absorbancia	Reflexión
Zinc	0,30 – 0,50	0,20 – 0,50
P. Negro		
Aluminio	0,05 - 0,10	0,05 - 0,10

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

- La reflexión es la capacidad del material de cambiar la dirección de un rayo lumínico sobre una superficie.
- La absorbancia es la capacidad que tiene un cuerpo de absorber la luz, una parte se retiene otra se transmite.

TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES (3años)

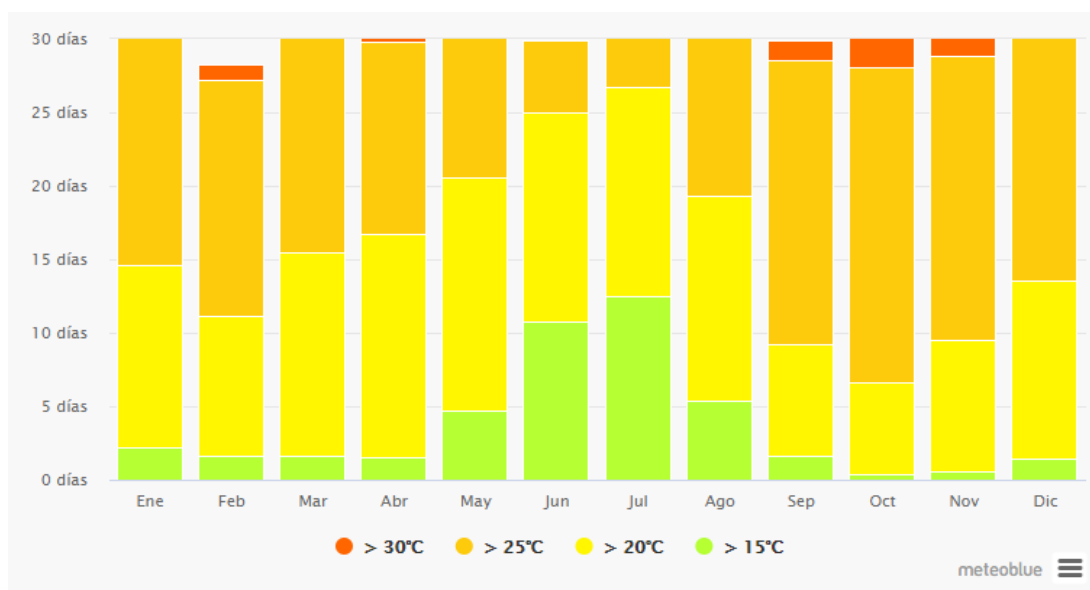


Imagen 14. Temperaturas mensuales. Fuente Meteoblue.

En la imagen 13 tenemos la temperatura máxima en el Puyo, en el que se muestra cuántos días al mes alcanzas sus máximas temperaturas, como es el caso de septiembre y octubre en los que la máxima fue de 25°C, entre 8 a 26 días.

RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla 11. Datos generales de los Parámetros Microbiológicos.

DATOS GENERALES		PARAMETROS			
Fecha	Muestra	Bacterias	Mesófilos Totales	Coliformes Totales	<i>E. coli</i>
03/12/2019	M Inicial	2320 UFC	31120 UFC	28800 UFC	0 UFC
03/12/2019	M. Plástico N.	1320 UFC	15760 UFC	14440 UFC	0 UFC
03/12/2019	M. Aluminio	80 UFC	6880 UFC	6800 UFC	0 UFC
03/12/2019	M. Zinc	40 UFC	3480 UFC	3440 UFC	0 UFC

Fuente: Laboratorio de microbiología UEA

En la tabla 11 tenemos los resultados obtenidos de las muestras microbiológicas realizadas en el laboratorio de microbiología de la Universidad Estatal Amazónica (UEA).

PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN

Tabla 12. Porcentaje de eliminación de Enterobacterias.

ENTEROBACTERIAS	
TIPO DE LAMINA	Porcentaje de Eliminación Enterobacterias (%)
Lámina de Zinc	98,00
Lámina de Aluminio	97,00
Plástico Negro	43,00

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

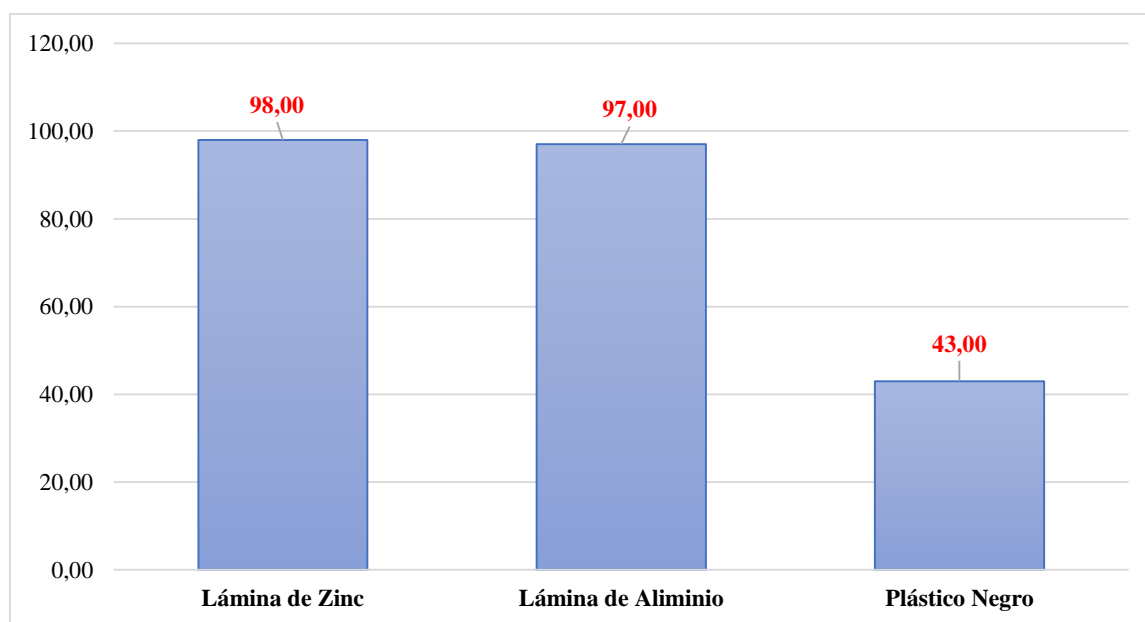


Gráfico 7. Porcentaje de eliminación de las Enterobacterias.

Como podemos observar en el Gráfico 7 las Enterobacterias en el material del zinc se redujeron un 98% de un total del 100%; en el aluminio tenemos un 97% de un total del 100% y en el plástico negro con un total de 43% del 100%. Teniendo en cuenta que los meses de septiembre y octubre tiene un mayor grado de radiación superando los 20 días mensuales; Demostrando en los resultados de esta manera que estos meses son los de mayor radiación y a su vez el material con mayor absorbancia y reflexión solar es el del zinc tal como se observa en la tabla 10, que su mayor temperatura diaria fue a las 3 de la tarde, por tal motivo el calor del zinc permitió que el grado de eliminación de bacterias sea mayor que en los demás, no obstante, de igual manera la retención de calor a una temperatura inferior de 45° C, da lugar a presencia de 2 fenómenos microbiológicos que es el aumento y multiplicación de

microorganismo, permitiendo de esta manera la interacción entre agentes patógenos y antagonistas.

Tabla 13. Porcentaje de eliminación de Coliformes Totales.

COLIFORMES TOTALES	
TIPO DE LAMINA	Porcentaje de Eliminación Coliformes Totales (%)
Lámina de Zinc	88,00
Lámina de Aluminio	76,00
Plástico Negro	50,00

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

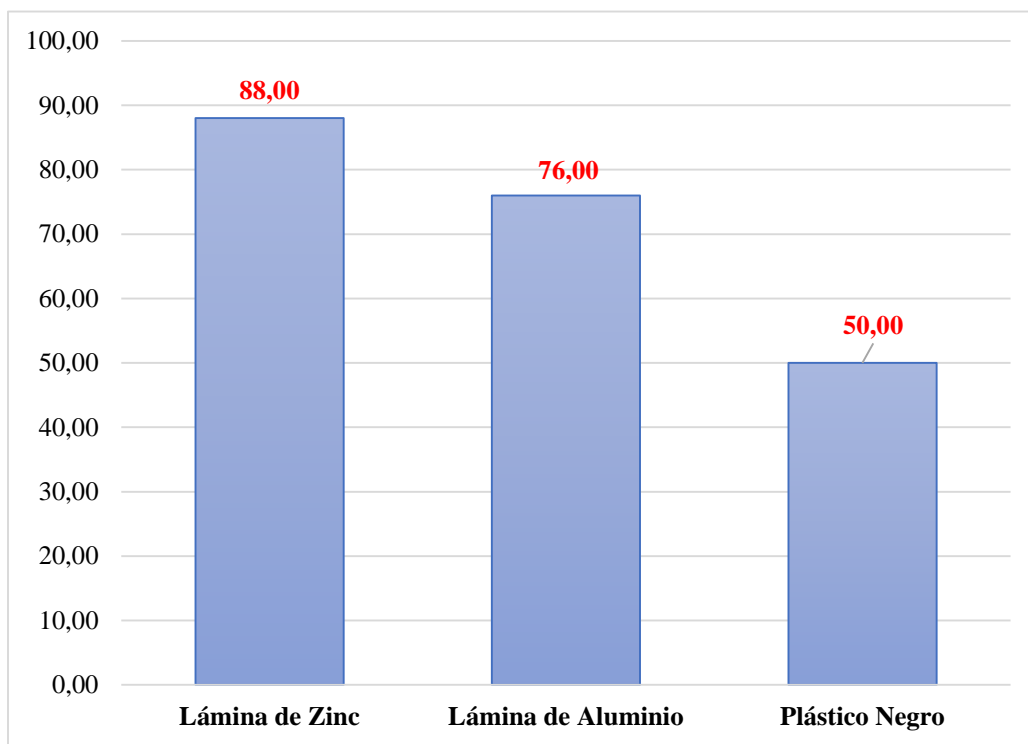


Gráfico 8. Porcentaje de eliminación de Coliformes Totales.

El modelo SODIS permite bajar la carga bacteriana mediante la desinfección solar aplicando a su vez un sistema de filtros, permitiendo de esta manera retener los sólidos suspendidos, mediante 3 modelos zinc, aluminio y el plástico negro. En el Gráfico 8 Los Coliformes Totales en el material del zinc se redujeron un 88 % de un total del 100%; demostrando en los resultados obtenidos una mayor eficiencia que los demás modelos como en el aluminio tenemos un 76% de un total del 100% y en el plástico negro con un total de 50% del 100%. El material con mayor absorbancia y reflexión es el del zinc como se observa en la tabla 10 que la mayor temperatura lo alcanzo entre las 12 del mediodía y a las 3 de la tarde con 39, 4° C,

por tal motivo permitió que el grado de eliminación de los Coliformes Totales sea mayor que en los demás.

Tabla 14. Cantidad de porcentaje de la Bacteria Escherichia coli encontrada en los Sistemas de Desinfección.

TIPO DE LAMINA	ESCHERICHIA COLI (%)
Lámina de Zinc	0,00
Lámina de Aluminio	0,00
Plástico Negro	0,00

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

La bacteria de *Escherichia coli* causante de las infecciones estomacales como diarrea y entre otros como se observa en la tabla 15 se obtuvo un total del 0% en el total de todas sus muestras, tal como se observa la presencia de Coliformes Fecales es 0%, demostrando de esta manera que los resultados que se obtuvo, determinan que no hubo presencia de heces de ningún tipo de organismos, y a su vez la correcta manipulación en el laboratorio permito que la presencia de la bacteria *Escherichia coli* sea nula.

Tabla 15. Nivel de contaminación de la Bacteria Escherichia coli.

Nivel	UFC/100 ml	Nivel de riesgo
A	0-10	Ninguno
B	1-10	Bajo
C	11-100	Intermedio-Alto
D	101-1000	Alto
E	>1000	Muy Alto

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

Tabla 16. Porcentaje de eliminación de Mesófilos Totales.

MESÓFILOS TOTALES	
TIPO DE LAMINA	Porcentaje de Eliminación de mesofilos totales (%)
Lámina de Zinc	89,00
Lámina de Aluminio	78,00
Plástico Negro	49,00

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

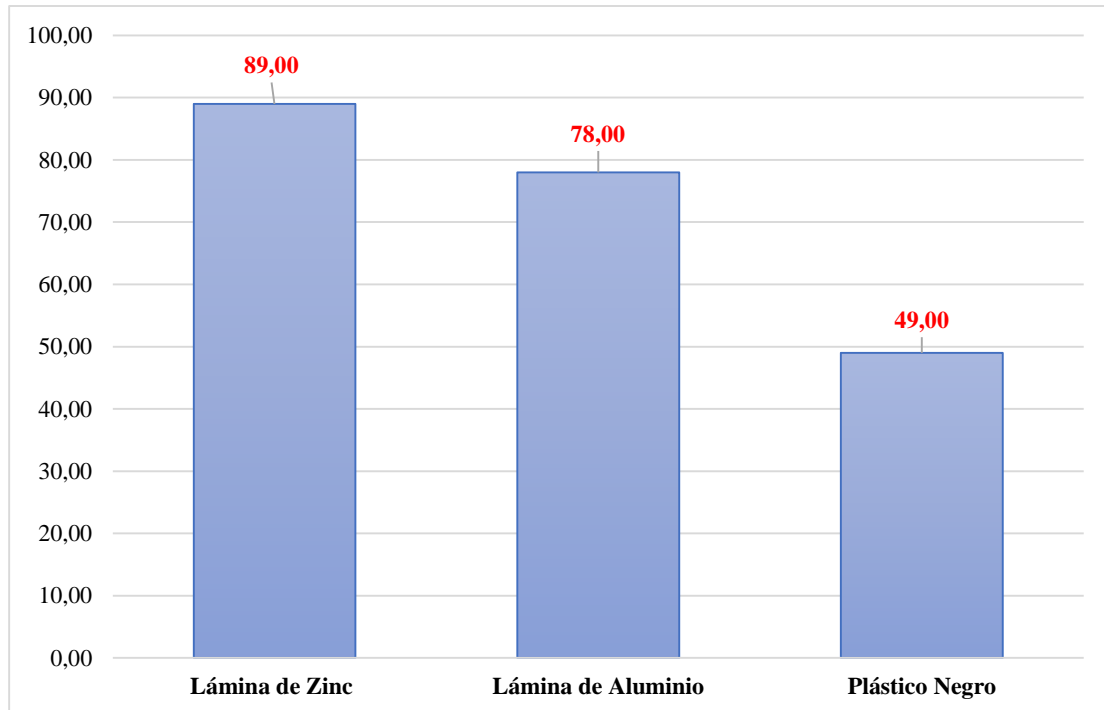


Gráfico 9. Porcentaje de eliminación de Mesófilos Totales.

En el Gráfico 9 los Mesófilos Totales en el material del zinc se redujeron un 89 % de un total del 100%; en el aluminio tenemos un 78% de un total del 100% y en el plástico negro con un total de 44% del 100%. Demostrando en los resultados que estos patógenos son agentes más resistentes a los cambios de temperatura. El material con mayor absorbancia y reflexión es el del zinc como se observa en la tabla 10 que la mayor temperatura lo alcanzo entre las 12 del mediodía y a las 3 de la tarde con 39, 4° C, por tal motivo la mayor reflexión del calor permitió que el grado de eliminación de los Mesofilos Totales sea mayor que en los demás. Como se puede observar en la imagen 14 los meses de septiembre y octubre tiene un mayor grado de radiación superando los 20 días mensuales.

DISCUSIÓN

En base a la literatura revisada para la elaboración de este proyecto se estima según (R. Nalwanga, C.K. Muyanja, K.G. McGuigan, B. Quilty, 2016). y el Estudio de la calidad Bacteriológica en África subsahariana rural afirman que el problema más importante en relación con el agua para beber son los riesgos para la salud asociados con la presencia de patógenos de origen fecal. No obstante, en comparación con el estudio realizado en la escuela de la comunidad de Puerto Santa Ana la presencia de patógenos en especial la bacteria causante de la *escherichia coli* es nula demostrando de esta manera que las condiciones de desarrollo y los cambios climáticos en el sector son los eficientes para que la bacteria se desarrolle.

El artículo Efectividad de la desinfección solar (SODIS), según (Islam, Azad, Akber, Rahman, & Sadhu, 2015). Indica que en la zona rural costera de Bangladesh el 73% de la población vive en zonas rurales que utilizan agua de pozo como fuente principal de agua potable. Es así que, como última alternativa de suministro de agua, el sistema de recolección de agua de lluvia (RWHS) se convirtió en la principal fuente de suministro de agua potable para la población costera de Bangladesh. Por tal motivo el estudio realizado en el Centro Educativo “Princesa Toa” de la Comunidad Puerto Santa Ana, también se basó en la Metodología SODIS, utilizando el agua lluvia como fuente principal para esta investigación, adaptando un filtro ecológico y tres sistemas de desinfección (lámina de zinc, lámina de aluminio y plástico negro).

Tabla 17. Calidad Física y Química del agua del almacenamiento y muestras de agua tratada con SODIS

			Zona rural costera de Bangladesh		Comunidad Puerto Santa Ana	
			Muestra Original	Agua SODIS	Muestra Original	Agua SODIS
Muestreo	Opción	Parámetro	Media	Media	Media	Media
	Sistema de recolección de agua de lluvia (RWHS).	pH	7,60	7,67	5,99	6,36
		C ($\mu\text{S} / \text{cm}$)	151	141	30,5	12,8
		Turbidez (NTU)	2,64	2,2	2,88	1,85

Elaborado por: Carlos Rafael Chinachi, Bryan Armando Macas

En la tabla (17) se indica la calidad Física y Química del agua inicial y el agua ya tratada de ambos proyectos utilizando la Metodología SODIS, aquí tenemos valores de pH, conductividad y turbidez. En la tabla (17) se está realizando la comparación con el artículo Efectividad de la desinfección solar (SODIS) según (Islam, Azad, Akber, Rahman, & Sadhu, 2015) y el estudio realizado en el Centro Educativo “Princesa Toa” de la Comunidad Puerto Santa Ana, dando a conocer que sistema de tratamiento de Lámina de Zinc fue el más efectivo de los tres sistemas de tratamientos aplicados en este proyecto, al comparar estos dos estudios tenemos valores casi similares, en el caso del artículo, el pH del agua inicial es de 7,60, conductividad 151 y turbidez de 2,64. En nuestro estudio, el pH del agua inicial es de 5,99, conductividad 30,5 y turbidez de 2,88. Estos valores nos da a entender que las muestras de agua inicial de ambos proyectos tienen valores relativamente altos y que pueden causar consecuencias graves a los pobladores de cada sector, donde se involucra la mala calidad de agua y por ende problemas a la salud, es por esto que se implementó la Metodología SODIS y estos fueron los resultados obtenidos en ambos proyectos: en el artículo, el pH es de 7,67, conductividad 141 y turbidez de 2,2. En el estudio, los valores obtenidos fueron pH 6,36, conductividad 12,8 y turbidez 1,85. El agua inicial al ser tratada por los diferentes sistemas de tratamiento de desinfección y pasar por la Metodología SODIS los valores mejoraron en ambos proyectos, pero se puede apreciar que en el estudio realizado en la Comunidad de Puerto Santa Ana fueron muchos más eficaces, esto se debe a las condiciones climáticas de cada sector y a la radiación del sol en diferentes lugares.

4.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N. Activi.	Fechas	Tareas	Duración (horas)	Actividades Previas
1	Del 30 de septiembre al 04 de octubre del 2019	Reunión con la Tutora del Proyecto	10 h	Reunión en toda la semana con la tutora del Proyecto
2	Del 30 de septiembre al 04 de octubre del 2019	Planteamiento del tema de titulación y búsqueda de bibliografía referente a la metodología SODIS.	25 h	Reunión con la tutora y búsqueda de información para el Tema del Proyecto y presentación de la metodología SODIS.
3	Del 07 al 11 de octubre del 2019	Visita a la Comunidad "Santa Ana"	15 h	Visita en toda la semana a la comunidad "Santa Ana", para la presentación de la metodología SODIS. Charla con los comuneros y el presidente de la comunidad.
4	Del 07 al 11 de octubre del 2019	Ubicación del área de estudio.	10 h	Elaboración de los puntos estratégicos, y de un mapa del área de estudio en Arcgis 10.5.
5	Del 14 al 18 de octubre del 2019	Revisión teórica del proyecto SODIS, proceso y pasos.	25 h	Realización de la búsqueda de información del proyecto SODIS, elaboración del cronograma y las actividades previstas
6	Del 14 al 18 de octubre del 2019	Elaboración del perfil de titulación por parte de los estudiantes.	50 h	Elaboración de la fundamentación teórica por parte de los estudiantes a cargo del proyecto de titulación.
7	Del 21 al 25 de octubre del 2019	Levantamiento de la información en la comunidad "Santa Ana".	35 h	Levantamiento de línea base y toma de datos de las familias interesadas en el proyecto.
8	Del 21 al 25 de octubre del 2019	Visita al Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe S.A. de la comunidad de "Puerto Santa Ana".	8 h	Socialización del proyecto SODIS en el Centro Educativo Comunitario Intercultural Bilingüe "Princesa Toa".

N. Activi.	Fechas	Tareas	Duración (horas)	Actividades Previas
9	Del 21 al 25 de octubre del 2019	Minga comunitaria	8 h	Limpieza en conjunto con la comunidad del sitio asignado para la implementación del proyecto
10	Del 28 de octubre al 01 de noviembre del 2019	Recolecta de grava gruesa, media y fina	8 h	Visita de sitios de agregados gruesos y finos
11	Del 28 de octubre al 01 de noviembre del 2019	Obtención de las 7 botellas PEV, plástico negro, zinc y aluminio.	7 h	Compra de los materiales necesarios para la elaboración de los filtros
12	Del 04 al 08 de noviembre del 2019	Construcción de los filtros ecológicos	40 h	Implementación del filtro ecológico en el Centro Educativo Comunitario "Princesa Toa".
13	Del 11 al 15 de noviembre del 2019	Elaboración de la metodología del proyecto SODIS	20 h	Realización del Tema I de la metodología de la investigación referente a los filtros ecológicos.
14	Del 11 al 15 de noviembre del 2019	Elaboración de la platabanda para el método SODIS.	15 h	Construcción de las platabandas para la colocación de las botellas PET.
15	Del 18 al 22 de noviembre del 2019	Elaboración de la metodología del proyecto SODIS.	25 h	Realización del Tema II de la metodología de la investigación referente a la metodología SODIS.
16	Del 18 al 22 de noviembre del 2019	Toma de muestras del agua	8 h	Toma de muestra del agua inicial y el agua tratada por el método SODIS después de 48 h.
17	Del 18 al 22 de noviembre del 2019	Toma de la temperatura del Agua	10 h	Toma de la muestra inicial y media de la temperatura de las muestras del agua con la ayuda de un termómetro.
18	Del 25 al 29 de noviembre del 2019	Análisis de laboratorio.	25 h	Análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas.

N. Activi.	Fechas	Tareas	Duración (horas)	Actividades Previas
19	Del 25 al 29 de noviembre del 2019	Elaboración de la metodología del proyecto SODIS.	15 h	Realización del Tema III de la metodología de la investigación referente al análisis de agua.
20	Del 02 al 06 de diciembre del 2019	Resultados de los análisis	10 h	Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas.
21	Del 02 al 06 de diciembre del 2019	Visita al CIPCA, redacción de resultados	15 h	Interpretación de los resultados con la ayuda del ingeniero Luis Díaz, Encargado del Centro de Investigación, Posgrado y conservación Amazónica (CIPCA).
22	Del 09 al 13 de diciembre del 2019	Revisión bibliográfica.	10 h	Revisión y correcciones finales del proyecto de titulación.
23	Del 16 al 20 de diciembre del 2019	Agasajo navideño	8 h	Visita a la escuela de la comunidad de Puerto Santa Ana con el motivo del agasajo navideño en conjunto con el personal docente.
TOTAL	FECHAS	ACTIVIDADES	402 h	ACT. PREVIAS

CAPITULO V

CONCLUSIONES

En la encuesta realizada, 6 de cada 9 familias consume el agua lluvia cruda sin un previo tratamiento de desinfección, afectando de esta manera a la salud de los pobladores especialmente a los niños del Centro Educativo “Princesa Toa”.

La aplicación del método SODIS en la escuela de la comunidad de Puerto Santa Ana, obtuvo resultados favorables, por tanto, el mejor sistema de desinfección de agua es la lámina de zinc ayudando a reducir la carga microbiana y mejorar los aspectos Físico-Químicos, debido al grado de absorbanza y reflexión solar que este posee.

Al utilizar el agua lluvia como fuente principal de consumo humano en la escuela de la comunidad de Puerto Santa Ana, en los resultados no se identificó la presencia de la bacteria de la *escherichia coli* como se observó en los resultados, demostrando de esta manera, la buena calidad del agua en presencia de heces fecales, y a su vez que el pH del agua ronda entre los 6 a 9 mientras que para que se desarrolle la *escherichia coli* debe de tener un rango de pH entre 5,5 a 6,5.

Los meses con mayor radiación se presentó en septiembre y octubre teniendo una temperatura superior a los 25°C, permitiendo de esta manera alcanzar una temperatura eficiente en los últimos 3 años, no obstante de acuerdo con (Clasificación Climática de Koppen, 2012), el clima del Puyo se clasifica como Af (Ecuatorial o tropical húmedo, con lluvias repentinas a lo largo de todo el año), por lo que de esta manera no se tiene una radiación constante fue así que el proyecto SODIS se aplicó en un lapso de 48 horas.

RECOMENDACIONES

Al no tener recursos económicos para implementar plantas de tratamiento de agua, si no se tiene acceso al agua potable, ni ayuda de la autoridad competente, opten por usar el Método de Desinfección Solar (SODIS) ya que provee a las personas una mejor calidad de vida, los costos de operación y mantenimiento son relativamente económicos ya que este método utiliza la energía solar para la desinfección y el más importante es que se basa en recursos naturales y de energía renovable.

Es recomendable utilizar botellas PET no más de 3 litros de capacidad, ya que grandes cantidades de agua provoca que los rayos del sol no penetren por completo, reduciendo así la eficiencia del método.

Según el punto 5.1.1.3 del Acuerdo ministerial 097- A. Indica que de ser necesario para alcanzar los límites permisibles establecidos en la Norma INEN para agua potable es óptimo implementar procesos de tratamientos adecuados y de esta manera permitan alcanzar la eficiencia de la calidad de agua para el consumo humano.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo-097. (2015). [http://www.ambiente.gob.ec/wp-](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf)

[content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf).

Anuario Meteorológico. (2019, octubre 31). Recuperado de

http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation). Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Araujo, P. (2016). Microbiología de agua conceptos básicos. Retrieved October 7, 2019, from

https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/curso/dia_14/4.%20M.%20Cristina%20Apella.pdf.

Bermudes, D. (2015, noviembre 11). *Trabajo De Titulacion Desinfeccion Solar.pdf*.

Recuperado de

<file:///C:/Users/ASUS%20A12/Pictures/Tesis/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20DESINFECCION%20SOLAR.pdf>.

Delgado, M. M, García, A. H., Hormigo, A. F., de la Torre, A. H., & Marante, R. A. (1992).

Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua de piscinas de la isla de Tenerife.

Revista de Sanidad e Higiene pública, 66(1), 281-289.

Delgado Schneider, Verónica; Arumi Ribera, José Luis Y Reicher Salazar, Oscar. Problemas Que Plantea La Regulación De Las Áreas De Protección De Los Derechos De Aprovechamiento De Las Aguas Subterráneas En Chile, Cuando Sirven A Captaciones De Agua Potable. *Rducn* [online]. 2017, vol.24, n.2 [citado 2018-05-03], pp.143-180. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-

Clasificación Climática de Koppen. (2012). 13.

<http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/practico%20climatologia%202012/Practico%207/Clasificacion%20Koppen.pdf>

Gestores de Residuos. (2015, March 23). La clasificación de los plásticos.

<https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>

Gherardi, F. 2007. Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. Springer, Stuttgart, Alemania.

Hernández, E. A. (2010). Importancia Del Agua Para Los Seres Vivos. *Elementalwatson "la" revista*, 9-15.

Islam, M. A., Azad, A. K., Akber, M. A., Rahman, M., & Sadhu, I. (2015). Effectiveness of solar disinfection (SODIS) in rural coastal Bangladesh. *Journal of Water and Health*, 13(4), 1113–1122. <https://doi.org/10.2166/wh.2015.186>

L'vovich, M.I., G. F. White con la colaboración de A. V. Belyaev, J. Kindler, N. I. Koronkevic, T. R. Lee y G. V. Voropaev 1995. "Use and Transformation of Terrestrial Water Systems". En: B. L. Turner II (ed). *The Earth As Transformed by Human Action*. Cambridge University Press. Cap. 14.

NTE-INEN-1105-AGUAS.-MUESTREO-PARA-EXAMEN-MICROBIOLÓGICO.pdf.

(2012). <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1105-AGUAS.-MUESTREO-PARA-EXAMEN-MICROBIOL%C3%93GICO.pdf>

NTE INEN 1108. (2014). *INEN 1108*. Ecuador.

NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-

CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf. (2013). <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf>

- NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-TÉCNICAS-DE-MUESTREO.pdf. (2013). <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf>.
- Meierhofer, R., & Wegelin, M. (2003). Desinfección Solar del Agua. Retrieved October 7, 2019, from.
- Ministerio de salud Pública Reglamento de Buenas Prácticas De Manufactura Para Alimentos Procesados Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002.
- Multy Casetas. (2017, July 23). Las 5 principales láminas para techos y cuál debes elegir. Multycasetas. <https://www.multycasetas.com/5-laminas-para-techos/>
- Nolalo, B. (2016). Diferentes tipos de láminas para techos y sus definiciones. https://www.tiposde.com/láminas_para_techos.html
- R. Nalwanga, C.K. Muyanja, K.G. McGuigan, B. Quilty. (2016). Un estudio de la calidad bacteriológica del agua de lluvia cosechada en el techo y una evaluación de SODIS como tecnología de tratamiento adecuada en el África subsahariana rural.
- Recoup, (2016). Envases de plástico Diseña para reciclar. Retrieved October 14, 2019, from https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_publicaciones_empresas/guia-envases-de-plastico-disena-para-reciclar.pdf.
- Rossi Salinas, G. M. (2017). Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales. Retrieved October 14, 2019, from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5965/SErosagm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rodríguez J., Castro L. y Del Real, J.C. (2006). Procesos industriales para materiales metálicos. Madrid España: Visión Net.
- Schertenleib Roland, W. M. (2003, June). *manual_sodis.pdf*. Retrieved from file:///C:/Users/ASUS%20A12/Pictures/Tesis/manual_sodis.pdf.

Toledo, A. (2002). *El agua en México y el mundo*. 10.

file:///C:/Users/ASUS%20A12/Downloads/Dialnet-ElAguaEnMexicoYElMundo-2887484%20(1).pdf.

Wegelin, M. (2014). Desinfección solar, una alternativa para pequeñas comunidades rurales. Retrieved October 7, 2019, from http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_09.pdf.

ANEXOS



Imagen 15. Inducción en la escuela.



Imagen 16. Toma de datos de agua lluvia.



Imagen 17. Toma de dimensiones.



Imagen 18. Fiesta agrónoma de la comunidad.



Imagen 19. Elaboración de las platabandas.



Imagen 20. Grava Gruesa, Media y Fina.



Imagen 21. Filtro ecológico.



Imagen 22. Toma de la temperatura del agua.



Imagen 23. Platabanda con las muestras de agua.



Imagen 24. Análisis físicos-químicos.



Imagen 25. Muestras Ambar



Imagen 26. Temperatura del Agua.



Imagen 27. Análisis microbiológicos.

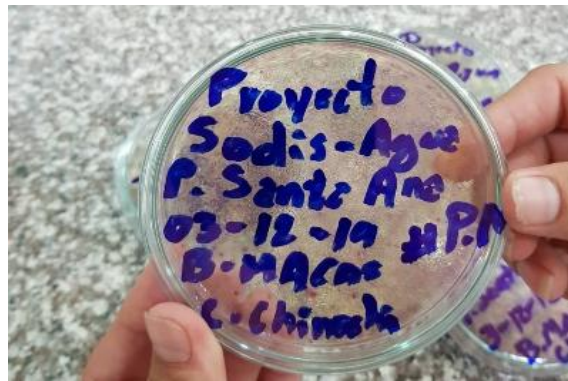


Imagen 28. Muestra de Plástico Negro.

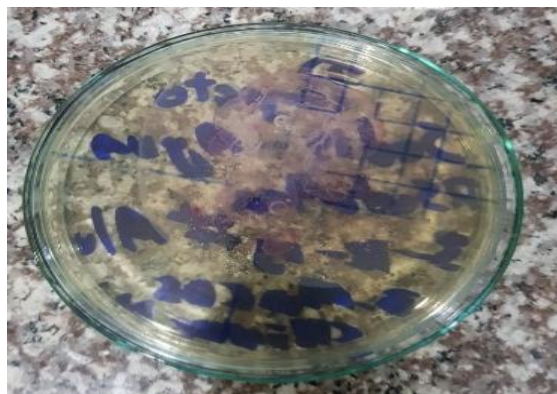


Imagen 29. Muestra de aluminio.

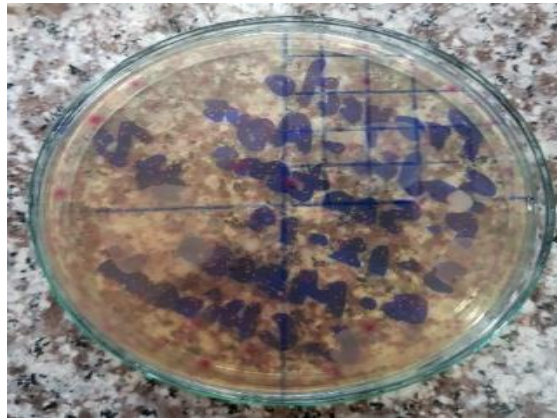



Imagen 30. Muestra de zinc.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
INGENIERA AMBIENTAL



Familia:
Fecha:
Encuesta N°:
Indicaciones: Marque con una X la pregunta

Pregunta N°1.- ¿Indique si la comunidad tiene agua potable?

Si	No

Pregunta N°2.- ¿Indique si su familia utiliza el agua lluvia para el consumo diario en los hogares?

Si	No

Pregunta N°3.- ¿Indique si su familia utiliza el agua del río para el consumo diario en los hogares?

Si	No

Pregunta N°4.- ¿Cuenta usted con un tanque reservorio para el almacenamiento del agua?

Si	No

Pregunta N°5.- ¿Considera usted que el consumo de agua lluvia provoca enfermedades estomacales?

Si	No

Pregunta N°6.- ¿Considera que los niños de la comunidad son los más afectados con enfermedades estomacales por la falta de agua limpia?

Si	No

Imagen 31. Encuesta Puerto Santa Ana

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰ Po, ²²⁴ Ra, ²²⁶ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰ Co, ⁹⁰ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁶ Ra		

Imagen 32. Límites máximos permisibles de parámetros físicos según la norma INEN 1108.

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Imagen 33. Requisitos microbiológicos, según la norma INEN 1108.

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr 6	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO3	mg/l	50,0
Nitritos	NO2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO4 2	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Imagen 34. Fuente: Acuerdo ministerial 097-A.

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE LA
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA**



Dirección: PUYO
Fecha: 03 de diciembre del 2019
Tipo de muestra: Agua lluvia para consumo
Número de muestra: 4 muestras

DATOS GENERALES		PARAMETROS				
Fecha	Muestra	Bacterias	Mesófilos Totales	Coliformes Totales	<i>E. coli</i>	Resultados
03/12/2019	M Inicial	2320 UFC	31120 UFC	28800 UFC	0 UFC	NO CUMPLE
03/12/2019	M. Plástico N.	1320 UFC	15760 UFC	14440 UFC	0 UFC	NO CUMPLE
03/12/2019	M. Aluminio	80 UFC	6880 UFC	6800 UFC	0 UFC	NO CUMPLE
03/12/2019	M. Zinc	40 UFC	3480 UFC	3440 UFC	0 UFC	NO CUMPLE

Límites Máximos Permisibles			
Mesófilos totales	Mohos y levaduras	Coliformes Totales	E. Coli
1 – 5000 < 1/g	<1x10 ² ufc/g	<3000 NMP/100 ml	<0NMP/100 ml

Fecha de realización del Ensayo.

La muestra fue tomada y recibida por el responsable de la muestra el 03 de diciembre 2019.

Imagen 35. Resultado de los análisis del laboratorio.