# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

# CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

# "TRATAMIENTO DE AGUA MEDIANTE EL METODO SODIS, EN LA COMUNIDAD DE PUERTO SANTA ANA, PARROQUIA MADRE TIERRA, PROVINCIA DE PASTAZA, COMO UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE VIDA DE SUS HABITANTES"


**AUTORES:**

**ANDRÉS SEBASTIÁN GARCÍA SUÁREZ**

**ALEX FERNANDO GAMBOA MONTERO**

**TUTOR:**

**DR. RAÚL VALVERDE**


**PUYO -ECUADOR**

**2016**

# DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Puyo, 07 de julio del 2016

Nosotros, Andrés Sebastián García Suárez, y Alex Fernando Gamboa Montero autores de la investigación con cédulas de ciudadanía N°. 1803603917, y 1600565129, respectivamente, libres y voluntariamente, DECLARAMOS, que el trabajo de Grado titulado **"Tratamiento de agua mediante el método SODIS, en la comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza, como una alternativa para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes"**, es de nuestra plena autoría original y no constituyen plagio o copia alguna constituyéndose un documento único, como mandan los principios de la investigación científica de ser comprobado nos sometemos a las disposiciones legales pertinentes.

Es todo cuanto podemos decir en honor a la verdad.

Atentamente,

Andrés Sebastián García Suárez
C.C: 180360391-7
e-mail: sebastiangarciasuarez@gmail.com

Alex Fernando Gamboa Montero
C.C: 160056512-9
e-mail: axgambo_91@hotmail.es

# AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Nosotros, Nosotros, Andrés Sebastián García Suárez, y Alex Fernando Gamboa Montero autores de la investigación con cédulas de ciudadanía N°. 1803603917, y 1600565129, en calidad de autores del trabajo de investigación sobre: **"Tratamiento de agua mediante el método SODIS, en la comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza, como una alternativa para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes",** por la presente autorizamos a la "UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA", hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen, o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Puyo, 07 de julio de 2016

Andrés Sebastián García Suárez
C.C: 180360391-7
e-mail: sebastiangarciasuarez@gmail.com

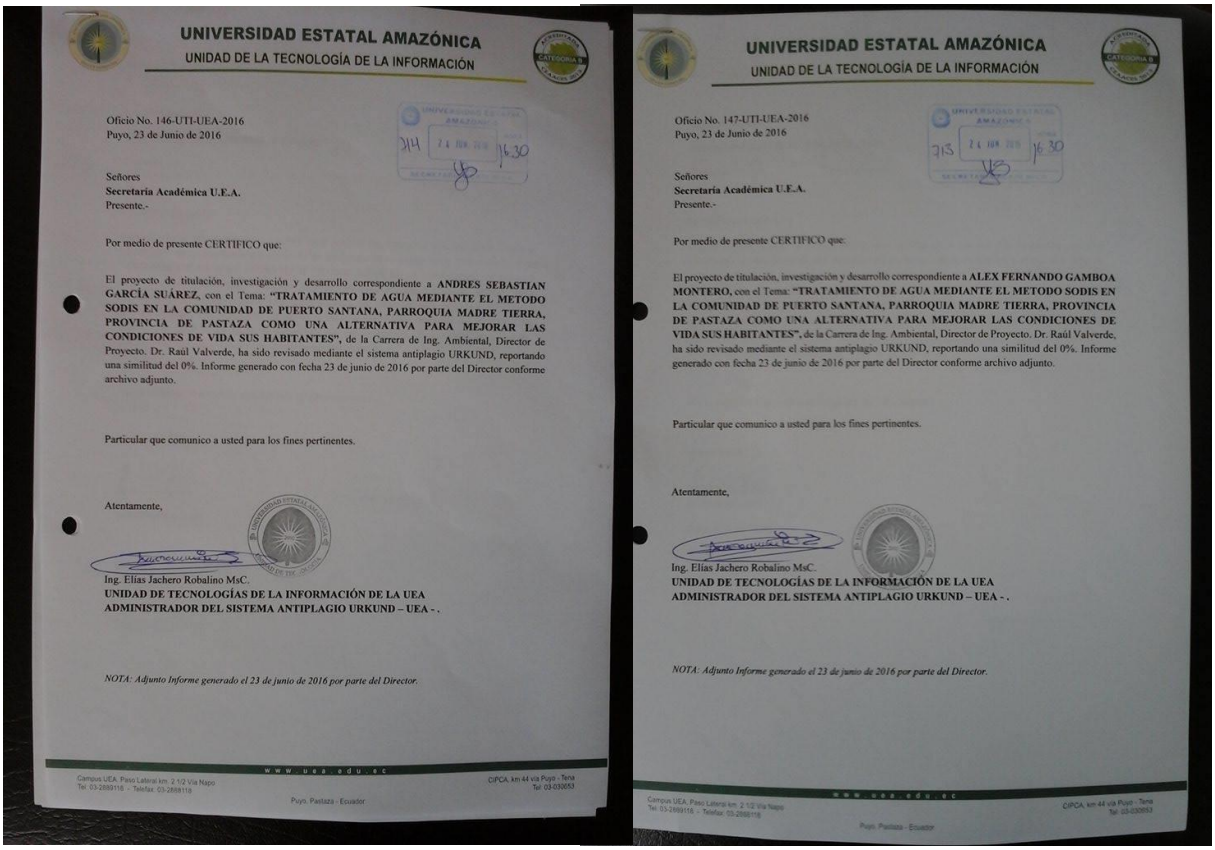
Alex Fernando Gamboa Montero
C.C: 160056512-9
e-mail: axgambo_91@hotmail.es

# CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo Dr. Raúl Valverde Mg, en calidad de tutor del trabajo de titulación sobre el tema: **"Tratamiento de agua mediante el método SODIS, en la comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza, como una alternativa para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes"** elaborado por los estudiantes Andrés Sebastián García Suárez, y Alex Fernando Gamboa Montero, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que las autoridades de Grado designen.

Dr. Raúl Valverde Mg.

# CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
UNIDAD DE LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

Oficio No. 146-UTI-UEA-2016
Puyo, 23 de Junio de 2016

Señores
**Secretaria Académica U.E.A.**
Presente.-

Por medio de presente CERTIFICO que:

El proyecto de titulación, investigación y desarrollo correspondiente a **ANDRES SEBASTIAN GARCÍA SUÁREZ**, con el Tema: **"TRATAMIENTO DE AGUA MEDIANTE EL METODO SODIS EN LA COMUNIDAD DE PUERTO SANTANA, PARROQUIA MADRE TIERRA, PROVINCIA DE PASTAZA COMO UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE VIDA SUS HABITANTES"**, de la Carrera de Ing. Ambiental, Director de Proyecto. Dr. Raul Valverde, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%. Informe generado con fecha 23 de junio de 2016 por parte del Director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Elías Jachero Robalino MsC.
**UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA**
**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

*NOTA: Adjunto Informe generado el 23 de junio de 2016 por parte del Director.*

www.uea.edu.ec
Campus UEA: Paso Lateral km. 2 1/2 Vía Napo
Tel. 03-2889118 - Telefax: 03-2889118
Puyo, Pastaza - Ecuador
CIPCA, km 44 vía Puyo - Tena
Tel 03-030053

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
UNIDAD DE LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

Oficio No. 147-UTI-UEA-2016
Puyo, 23 de Junio de 2016

Señores
**Secretaria Académica U.E.A.**
Presente.-

Por medio de presente CERTIFICO que:

El proyecto de titulación, investigación y desarrollo correspondiente a **ALEX FERNANDO GAMBOA MONTERO,** con el Tema: **"TRATAMIENTO DE AGUA MEDIANTE EL METODO SODIS EN LA COMUNIDAD DE PUERTO SANTANA, PARROQUIA MADRE TIERRA, PROVINCIA DE PASTAZA COMO UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE VIDA SUS HABITANTES"**, de la Carrera de Ing. Ambiental, Director de Proyecto. Dr. Raúl Valverde, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%. Informe generado con fecha 23 de junio de 2016 por parte del Director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Elías Jachero Robalino MsC.
**UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA**
**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

*NOTA: Adjunto Informe generado el 23 de junio de 2016 por parte del Director.*

www.uea.edu.ec
Campus UEA: Paso Lateral km. 2 1/2 Vía Napo
Tel. 03-2889118 - Telefax: 03-2889118
Puyo, Pastaza - Ecuador
CIPCA, km 44 vía Puyo - Tena
Tel 03-030053

# HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de titulación sobre el tema: **"Tratamiento de agua mediante el método SODIS, en la comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza, como una alternativa para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes",** de los estudiantes Andrés Sebastián García Suárez, y Alex Fernando Gamboa Montero, alumnos de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica.

Para constancia firman:

PRESIDENTE

VOCAL

VOCAL

## AGRADECIMIENTO

A mis padres Byron y Nelly, por ser la fuerza y el apoyo para continuar con mis estudios y sueños, por ser quienes nunca dudaron en apoyarme y motivarme para cursar esta carrera de Ingeniería Ambiental; a mis hermanos Byron y Álvaro quienes han sido mi ejemplo de profesionales y de rectitud en sus actividades diarias. A mis maestros quienes con sus amplios conocimientos y sus profundos valores humanos, me formaron en esta carrera universitaria y quienes recordaré con infinita gratitud. A todos ustedes gracias por su confianza y su fe incondicional en el autor.

De manera especial el agradecimiento a mi hijo Tomás, mi fuerza, amor y pasión por lo que hago y haré por nosotros.

Para todos ellos mi sempiterno reconocimiento.

*Andrés García Suárez*

# AGRADECIMIENTO

Al amor que me permitió estar con vida y disfrutar de tantos momentos de alegría, a mis padres Cecilia y Sergio por guiarme en el camino y hacer de mí una persona honesta, siempre dándome el apoyo oportuno en los momentos necesarios. A mi pequeña familia de gran corazón, a la mujer de mi vida y mis pensamientos, Vanessa, por ser mi bastón y fortaleza, por siempre creer en los sueños y metas, por hacerme sentir vivo en medio de los momentos difíciles, por toda la paciencia y darme el mejor regalo del mundo, mi hijo Gael, que es mi esperanza y mi inspiración, el motor que mueve todo nuestro mundo desde el minuto mismo de su existencia, el amor más puro el de un padre para un hijo. A mis hermanos, Isaac y Eli, la alegría de la casa por ser mis amigos leales, a los profesores que me dieron los conocimientos que se aprenden de experiencias sin importar el valor del tiempo, a mi amigos y primos, mis hermanos de la vida.

Agradezco en especial a la música por siempre tener un consejo, una palabra de aliento y poder arreglar todo de manera tan mágica con sus modos y formas, siempre sacando lo mejor de mí.

*Alex Gamboa Montero*

# DEDICATORIA

¡Que el amor a la tierra no se desvanezca en el camino, estará lleno de oscuridad, pero la luz de la razón y de la convicción permanezca encendida!

¡A quienes enriquecieron mi formación con amplias conversaciones, a quienes debo dedicar no solo el presente trabajo, sino también los ideales y pasiones!

¡A ellos, que me enseñaron que el éxito no es material!

¡A lo amaneceres y atardeceres que acompañan mis días, a la luz y a la oscuridad, propias de mi ser!

¡Al motor que está presente en mis triunfos y tropiezos¡

*Andrés García Suárez*

# DEDICATORIA

Dedicado a mi hijo amado Gael, eres el reflejo de mi ser.

A mi abuela Matilde por siempre ser tan buena.

A mi familia y amigos.

*Alex Gamboa Montero*

# RESUMEN EJECUTIVO

El Agua, líquido vital para los seres vivos, que cada vez su acceso libre se hace más difícil al ser humano, en el Ecuador un país con abundante agua dulce, con fuentes innumerables dotadas por la Madre Naturaleza, y que en su gran mayoría, provienen de la Amazonía, se puede palpar como la falta de agua apta para el consumo humano, golpea a varios poblados en su gran mayoría del sector rural.

Las precipitaciones en la Amazonia Ecuatoriana, se han convertido en una fuente de vida de gran valor para quienes vivimos en ella, fácilmente podemos encontrarnos con precipitaciones que superan los 3000mm anuales, dotando de agua no solo a flora y fauna, sino también a diferentes comunidades indígenas que habitan en su interior, como es el caso de la comunidad de Puerto Santa Ana, una comunidad con cuatro nacionalidades indígenas, que desde sus inicios se han provisto de agua de lluvia como fuente principal de consumo y de sustento diario para sus familias.

El presente trabajo tiene como objetivo tratar el agua de la comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre tierra, Provincia de Pastaza mediante el método SODIS, un método totalmente económico y de fácil uso, que utiliza la luz solar para tratar aguas claras, basándose en donde se dos componentes principales, el primero los rayos UV que eliminan a los microorganismos, y el segundo es la radiación infrarroja que eleva temperatura produciendo una pasteurización cuando eleva la temperatura del agua tratada, este método se le ha tomado como alternativa para mejorar la calidad de vida de los pobladores. La presente investigación se la realzó mediante investigación de campo de la problemática en el ámbito Ambiental y su incidencia en la salud de los habitantes, y apreciar las propiedades del objeto de estudio, con la aplicación de encuestas, técnicas conjuntamente con los pobladores de la comunidad, como también la realización de los análisis de la calidad del agua pre - tratamiento, y post – tratamiento, para luego proceder al análisis e interpretación de los resultados, los mismos que nos permitió determinar las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo investigativo.

**PALABRAS CLAVE:**

**Calidad de vida:** Termino de amplia discusión, utilizado por la política como bandera de lucha, pero que generaliza las condiciones en las que viven una o varias personas.

**Pre-tratamiento:** “antes del tratamiento”

**Post-tratamiento:** “después del tratamiento”

# EXECUTIVE SUMMARY

Water, vital liquid to living beings, which increasingly free access becomes more difficult for the human being, in Ecuador a country with abundant fresh water, with countless sources endowed by Mother Nature, mostly, come from the Amazon, can be felt as lack of safe water for human consumption, gets to several villages in the majority of the rural sector.

Rainfall in the Ecuadorian Amazon, have become a source of life of great value for those who live in it, we can easily find with rainfall exceeding 3000mm per year, providing water not only wildlife but also to different native communities that live in the inside, as.

In the case of the community of Puerto Santa Ana, a community with four native nationalities, which since its inception has been provided with rainwater as its main source of consumption and of natives, daily sustenance for their familys.

The following work it is intended to treat water from the community of Puerto Santa Ana, parish Madre Tierra, Province of Pastaza by SODIS method, a totally economical and easy to use, which uses sunlight to treat clear waters, based on where two main components, the first UV rays which kill microorganisms, and the second is the infrared radiation which raises water temperature producing a pasteurization when raising the temperature of the treated water, this method has taken as an alternative to improve the quality of life for residents.

This research is the enhanced through field investigation of the problem in the environmental field and its impact on the health of the habitants, and appreciate the properties of the object of study, with the application of polls, technical jointly with the residents of the community as well as conducting analyzes of water quality pre – treatment and post - treatment, and then proceed to the analysis and interpretation of results the same that allowed us to determine the conclusions and recommendations of this research work.

Keywords

Quality of Life: Term comprehensive discussion, use as well by political banner, but that generalizes the conditions under which one or more people live.

Pre - treatment "before treatment"

Post - treatment "after treatment"

# TABLA DE CONTENIDOS.

1 CAPITULO I ..... 1
1.1 INTRODUCCIÓN ..... 1
1.2 PROBLEMA ..... 3
1.3 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN. ..... 3
1.3.1 Variable independiente. ..... 3
1.3.2 Variable dependiente. ..... 3
1.4 OBJETIVOS. ..... 3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL. ..... 3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS. ..... 3
2 CAPITULO II ..... 4
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. ..... 4
2.1.1 El agua. ..... 4
2.1.2 El agua potable. ..... 4
2.1.3 El agua, objetivo básico del bienestar humano. ..... 5
2.1.4 El bienestar humano. ..... 5
2.1.5 La salud. ..... 6
2.1.6 Las necesidades materiales. ..... 6
2.1.7 Calidad de vida. ..... 6
2.1.8 Parámetros físicos del agua. ..... 7
2.1.9 Características químicas. ..... 8
2.1.10 El método SODIS.- Desinfección solar del agua. ..... 9
2.1.11 NORMATIVA LEGAL. ..... 12
3 CAPÍTULO III ..... 19
3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. ..... 19
3.1.1 Localización. ..... 19
3.1.2 Tipo de Investigación. ..... 20

3.1.3 Métodos de Investigación. ..... 20
3.1.4 Diseño de la investigación. ..... 21
3.1.5 Tratamiento de los datos. ..... 22
3.1.6 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES. ..... 39
4 CAPITULO IV ..... 40
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ..... 40
5 CAPITULO V ..... 44
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ..... 44
5.1.1 CONCLUSIONES. ..... 44
5.1.2 RECOMENDACIONES. ..... 45
6 CAPITULO VI ..... 46
6.1 BIBLIOGRAFÍA. ..... 46
7 CAPITULO VII ..... 48
7.1 ANEXOS. ..... 48

## INDICE DE FIGURAS.

**Figura 1.** Mapa de la comunidad de Santa Ana Parroquia Madre tierra, Cantón Mera, Provincia Pastaza. ..... 19
**Figura 2.** Croquis de la comunidad de Santa Ana Parroquia Madre tierra, Cantón Mera, Provincia Pastaza y sus áreas de influencia. ..... 20
**Figura 3.** El agua potable en la comunidad. ..... 23
**Figura 4.** El agua lluvia para el consumo diario en los hogares. ..... 24
**Figura 5.** El agua del rio para el consumo diario en los hogares. ..... 25
**Figura 6.** El tanque reservorio para el almacenamiento del agua. ..... 26
**Figura 7.** El consumo de agua no tratada y las enfermedades gastrointestinales. ..... 27
**Figura 8.** El consumo de agua no tratada y las enfermedades de la piel. ..... 28
**Figura 9.** El agua y las enfermedades frecuentes en los niños. ..... 29
**Figura 10.** Implementación de un sistema de agua tratada para el consumo humano..... 30
**Figura 11.** Calidad de vida y el agua apta para el consumo humano. ..... 31
**Figura 12.** Implementación de proyectos de tratamiento del agua. ..... 32
**Figura 13.** Estación piloto. ..... 33
**Figura 14.** Secciones estación piloto. ..... 34
**Figura 15.** Experimentos temperaturas máximas alcanzadas. ..... 37
**Figura 16.** Manual de desinfección solar del agua, 2003 ..... 49
**Figura 17.** Proceso participativo de socialización en la comunidad de Puerto Santa Ana. 49
**Figura 18.** Diseño de la estación piloto del método SODIS. ..... 49
**Figura 19.** Construcción de la estación piloto del método SODIS. ..... 49
**Figura 20.** Exposición de las botellas de 3000 ml en la estación piloto del método SODIS. ..... 49
**Figura 21.** Experimentos planteados en la estación piloto del método SODIS. ..... 49
**Figura 22.** Toma de muestra de agua cruda en la fuente de la escuela de Puerto Santa Ana. ..... 49
**Figura 23.** Resultados de la muestra de agua cruda, analizados por el laboratorio CESTTA. ..... 49
**Figura 24.** Resultados de la muestra de agua tratada, analizados por el laboratorio CESTTA. ..... 49
**Figura 25.** Límites máximos permisibles de parámetros físicos según la norma INEN 1108, V edición. ..... 49

**Figura 26.** Límites máximos permisibles para agua para consumo humano según Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) **ACUERDO No. 097-A** ..... 49

## INDICE DE TABLAS.

**Tabla 1. E**xperimentos. ..... 21
**Tabla 2.** El agua potable en la comunidad. ..... 23
**Tabla 3.** El agua lluvia para el consumo diario en los hogares. ..... 24
**Tabla 4.** El agua del rio para el consumo diario en los hogares. ..... 25
**Tabla 5.** El tanque reservorio para el almacenamiento del agua. ..... 26
**Tabla 6**. El consumo de agua no tratada y las enfermedades gastrointestinales. ..... 27
**Tabla 7.** El consumo de agua no tratada y las enfermedades de la piel. ..... 28
**Tabla 8.** El agua y las enfermedades frecuentes en los niños. ..... 29
**Tabla 9.** Implementación de un sistema de agua tratada para el consumo humano. ..... 30
**Tabla 10.** Calidad de vida y el agua apta para el consumo humano. ..... 31
**Tabla 11.** Implementación de proyectos de tratamiento del agua. ..... 32
**Tabla 12.** Experimento sin material reflector. ..... 35
**Tabla 13.** Experimento con tetrapack. ..... 35
**Tabla 14.** Experimento con zinc. ..... 36
**Tabla 15.** Experimento con zinc negro. ..... 36
**Tabla 16.** Experimentos, materiales y temperaturas. ..... 37
**Tabla 17.** Parámetros analizados. ..... 38
**Tabla 18.** Muestra ACECPSA. ..... 41
**Tabla 19.** Muestra ATECPSA. ..... 42

# CAPITULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En nuestro país diferentes fuentes hídricas han sufrido varios fenómenos ambientales, que ha hecho que el agua, sea de difícil acceso, es el caso de la provincia de Pastaza, en donde se presentan problemas de dotación de agua apta para el consumo humano por parte de las autoridades correspondientes, siendo esta realidad el producto de las ineficientes administraciones anteriores, de decisiones políticas sociales equivocas. (CEPAL, 2012)

En la provincia de Pastaza, en las zonas rurales y urbanas, cientos de familias carecen de agua potable, consumiendo agua sin tratamiento y contaminadas, ya sea por heces fecales de animales, y por lodo producto del lavado del suelo por la escorrentías, debido a los fuertes aguaceros que se presentan en la zona, especialmente en las comunidades indígenas del interior del cantón. (INEC - COMISION ESPECIAL INTERINSTITUCIONAL DE ESTADISTICA DE INDICADORES DEL CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 2010, 2010)

Es así que los índices de enfermedades diarreicas e intestinales son alarmantes, enfermedades como la parasitosis y las diarreas, de acuerdo a las estadísticas de salud, especialmente en los niños producto del consumo de agua y alimentos contaminados por bacterias, hongos y otros microorganismos que afectan a la salud, y que en ocasiones producen la muerte. (Escobar, 2015)

Siendo la Provincia de Pastaza una provincia rica en recurso naturales, y más aún en recursos hídricos, hasta la fecha no ha podido ser dotada de agua apta para el consumo humano a su gran mayoría de habitantes, no solamente en la ciudad de Puyo, sino en diferentes parroquias aledañas y comunidades. (Escobar, 2015)

La Comunidad de Puerto Santa Ana está ubicada en el Parroquia Madre Tierra Cantón Mera a una distancia de veinticinco kilómetros de la ciudad del Puyo, sus habitantes se dedican a actividades agrícolas y comerciales, la mayoría no cuentan con ingresos suficientes para mantener adecuadamente a sus familias y solventar gastos por enfermedades, los habitantes consumen agua lluvia que es recogida en recipientes no adecuados y que pueden ser fuentes

de contaminación de insectos o larvas por el clima cálido húmedo, también se abastecen de fuentes naturales. (Escobar, 2015)

Por lo tanto es importante que se implemente un sistema de tratamiento del agua sencillo, de bajo costo, y efectivo, que además de servir para el consumo humano, sea también utilizada para diversos fines, siendo los beneficiarios los pobladores de la Comunidad de Puerto Santa Ana Parroquia Madre Tierra- Pastaza. (Wegelin, 2003)

Este proyecto es totalmente aplicable, no solo por la utilidad y ventajas para los pobladores sino también para poner en práctica los conocimientos de los estudiantes de la Universidad Estatal Amazónica al servicio de la colectividad. (Wegelin, 2003)

El proyecto "Tratamiento del agua mediante el método SODIS como alternativa para mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la comunidad de Puerto Santa Ana parroquia Madre Tierra- Pastaza", tiene dos enfoques principales que son el de reciclaje y reutilización de envases de plástico, y el tratamiento de desinfección del agua a través de los rayos solares mediante exposición directa.

El método SODIS ha sido aplicado en diferentes países en vías de desarrollo, con resultados favorables, es así que tanto la UNICEF como la Cruz Roja Internacional recomiendan este método. El método SODIS también ha sido aplicado en varias comunidades en Brasil, uno de ellos siendo Prainha do Canto Verde al norte de Fortaleza. Allí, los aldeanos han estado purificando su agua con el método SODIS durante un largo período de tiempo, brindándoles así un recurso del cual antes era de difícil acceso, otros países como Bolivia, Argentina, Colombia, etc., también han puesto en marcha ya este sistema obteniendo resultados muy favorables. (Daniel Mausezahl, 2009) (GIAI, EVALUATION OF EDUCATION AND EFFECTIVENESS OF AN ALTERNATIVE AND ECONOMIC METHOD OF DRINKING WATER IN RURAL SCHOOLS, 2013)

La comunidad de Puerto Santa Ana parroquia Madre Tierra Provincia de Pastaza, escogida para la investigación, será favorecida con la aplicación de este método (SODIS) el cuál tratará el agua de uso doméstico, usando luz solar, lo que será de gran ayuda para los pobladores de comunidad, ya que son gente de escasos recursos económicos, que no tienen acceso al agua potable.

### 1.2 PROBLEMA

La comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza no dispone de un sistema de tratamiento de agua apta para el consumo humano.

### 1.3 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

"EL TRATAMIENTO del agua mediante el método SODIS mejorará la CALIDAD de vida de los pobladores de la comunidad de Puerto Santa Ana parroquia Madre Tierra- Pastaza"

#### 1.3.1 Variable independiente.

La purificación del agua mediante el Método SODIS.

#### 1.3.2 Variable dependiente.

Calidad de vida de los pobladores de la Comunidad de Puerto Santa Ana Parroquia Madre Tierra- Pastaza.

## 1.4 OBJETIVOS.

#### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Implementar un plan piloto para el tratamiento del agua en la comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre tierra, Provincia de Pastaza, mediante el método SODIS, como alternativa para mejorar la calidad de vida de los pobladores.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Identificar las fuentes de agua de donde se abastece la Comunidad de Puerto Santa Ana Parroquia Madre Tierra - Pastaza, y su incidencia en la salud de la población.
- Socializar con los pobladores de la comunidad, la importancia de consumir agua tratada mediante el Método SODIS.
- Diseñar la estación piloto del sistema SODIS, para el tratamiento de agua, acorde a las condiciones geográficas, ambientales y sociales de la comunidad.
- Analizar los parámetros físicos y químicos del agua que consumen los habitantes de la comunidad de Puerto Santa Ana Parroquia Madre Tierra- Pastaza antes y después del tratamiento.

# CAPITULO II

## 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

### 2.1.1 El agua.

Es el factor abiótico más importante de la tierra y uno de los principales constituyentes del medio en que vivimos y de la materia viva. Aproximadamente un 71 % de la superficie terrestre está cubierto por agua en estado líquido, que se distribuye por cuencas saladas y dulces, formando los océanos, mares, lagos y lagunas. El 97 % del agua está en los océanos. Se la encuentra además como gas constituyendo la humedad atmosférica, las nubes y también en forma sólida como nieve o hielo.

El agua, debido a su composición química y su estructura dipolar, forma puentes de hidrógeno que son los responsables de las características tan especiales que tiene y que han hecho posible la vida sobre la Tierra (Hernández, 2010).

Como podemos ver, el agua dulce en el planeta solo ocupa un 3% del total de agua en el planeta, de este 3% tan solo el 1% está disponible para el consumo, por lo que si es indispensable que el agua dulce que tenemos a disposición sea aprovechada de la mejor manera.

### 2.1.2 El agua potable.

Solo una mínima parte del agua del planeta es potable, es decir, apta para la alimentación y para el uso doméstico. Para ser potable, este tipo de agua debe estar libre de sustancias o cuerpo extraños del origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en cantidades tales que la hacen peligrosa para la salud.

La mayor parte del agua está en los océanos, pero se trata de agua salada, que no es potable.

Además el agua continental de la mayoría de los ríos hay que potabilizarla. En los grandes centros urbanos, el agua potable llega a través de tuberías (agua de red) requiriendo una infraestructura masiva de tubería, bombeado y purificación.

El crecimiento de la población humana 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 que este siglo va a ser el de la escasez del agua potable (Hernández, 2010).

El crecimiento de la humanidad, no solo tiene el requerimiento de una expansión acelerada, sino también que ha provocado una sobre explotación de los recursos naturales, dentro de estos recursos naturales, está el agua, que cada vez se va haciendo más difícil su acceso en todo el planeta.

### 2.1.3 El agua, objetivo básico del bienestar humano.

Uno de los objetivos de este milenio es sin duda reducir a la mitad de la población sin acceso al agua y al saneamiento, en el año 2015 alrededor de 800 millones de personas no tienen acceso al agua potable es decir el 11% de la población mundial y 2,500 millones de habitantes con los servicios de saneamiento. Considerando que el agua es fuente de vida, salud y desarrollo se dificulta más en las zonas más pobres lo cual es preocupante por los elevados índices de mortalidad infantil. (NACIONES UNIDAS, 2015).

El agua es vida, esta frase nos recuerda claramente la importancia del agua en los seres vivos. Las cifras que están a la vista, son alarmantes, miles de personas mueren al día por falta de agua, millones de familias en el mundo, no tienen acceso a este recurso vital para nuestra supervivencia.

### 2.1.4 El bienestar humano.

Es el estado en que los individuos tienen la capacidad y la posibilidad de llevar una vida que tienen motivos para valorar. La capacidad de las personas para procurarse una vida que valoren está determinada por una diversidad de libertades instrumentales. El bienestar humano implica tener seguridad personal y ambiental, acceso a bienes materiales para llevar una vida digna, buena salud y buenas relaciones sociales, todo lo cual guarda una estrecha relación con y subyace a la libertad para tomar decisiones y actuar. ( Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente , 2010).

El bienestar humano es la capacidad que tienen los seres humanos de sentirse auto realizados realizando alguna actividad que los satisfaga, de disfrutar su vida ya sea de manera material o no, el bienestar humano es la capacidad de sentirse bien.

### 2.1.5 La salud.

Es un estado de absoluto bienestar físico, mental y social, y no simplemente la ausencia de enfermedad. Tener buena salud no solo significa estar fuerte y sano y sentirse bien sino también estar libre de enfermedades prevenibles, tener un entorno físico saludable y acceso a energía, agua segura y aire limpio. Lo que se puede ser y hacer supone, entre otras cosas, la capacidad para mantenerse en una buena condición física, minimizar la preocupación por la salud y garantizar el acceso a atención sanitaria. ( Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente , 2010).

La salud es un bien invaluable que los seres humanos deben cuidar, la salud no solo se refiere al estado físico de la persona, sino a la integra combinación de cuerpo mente. Además es un claro indicador de calidad de vida.

### 2.1.6 Las necesidades materiales.

Están relacionadas con el acceso a los bienes y servicios de los ecosistemas. La base material para tener una buena vida incluye medios de sustento asegurados y adecuados, suficientes alimentos y agua limpia en todo momento, alojamiento, vestido, acceso a energía para calefacción y acondicionamiento de aire y acceso a bienes. ( Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente , 2010).

Un bien material puede satisfacer varias necesidades del ser humano, un bien material hecho por el hombre, justamente esta direccionado a cubrir ciertas necesidades no solamente básicas, sino también necesidades de ego e innecesarias; pero la naturaleza también nos brinda bienes materiales como el agua, que cubre necesidades básicas y de las más importantes como la de supervivencia.

### 2.1.7 Calidad de vida.

La Calidad de Vida es equivalente a la suma de los puntajes de las condiciones de vida objetivamente medibles en una persona, tales como salud física, condiciones de vida, relaciones sociales, actividades funcionales u ocupación. Este tipo de definición permitiría comparar a una persona con otra desde indicadores estrictamente objetivos. (Urzúa M, Alfonso; Caqueo-Urízar, Alejandra , 2012).

La calidad de vida realmente es un término muy subjetivo, la calidad de vida se enmarca en las condiciones propias de cada individuo, en cómo encontrar el bienestar para él y los suyos.

## 2.1.8 Parámetros físicos del agua.

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. (Martel, 2012).

Son todas las características visibles o perceptibles del agua, que mediante los sentidos nosotros podemos determinar ciertas particularidades, para así poder establecer criterios del agua.

### 2.1.8.1 Turbiedad.

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. (Martel, 2012).

La turbiedad trata acerca de la transparencia que tenga el agua, es decir, hablamos de la facilidad o dificultad que tenga el agua de presentar transparencia.

### 2.1.8.2 Sólidos totales.

Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido. (Martel, 2012).

### 2.1.8.3 Sólidos disueltos o residuos disueltos.

Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada.

Comprenden sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración, ambos con partículas inferiores a un micrómetro (1 μ). (Martel, 2012).

#### 2.1.8.4 pH.

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, el agua natural (no contaminada) exhibe un pH en el rango de 5 a 9. Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes. Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. (Martel, 2012).

### 2.1.9 Características químicas.

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor. (Martel, 2012).

#### 2.1.9.1 Aluminio.

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm.

El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles.

Durante el tratamiento es posible remover las sales de aluminio solubles, mediante la formación de hidróxido de aluminio. Sin embargo, es necesario tener mucho control del pH, pues si este sube excesivamente, podría producirse la formación de aluminatos, nuevamente solubles. La coagulación, en este caso, se realiza mediante polímeros orgánicos, por lo general aniónicos. Cuando el aluminio se encuentra en el agua cruda, se recomienda usar como coagulantes sales de hierro o polímeros sintéticos. Los coagulantes alumínicos dejan

un remanente de metal que, en algunos casos, puede llegar a niveles no deseados. En el caso del aluminio, la OMS ha establecido un valor guía de 0,2 mg/L para aguas de consumo humano. (Martel, 2012).

#### 2.1.9.2 Cloruros.

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas. En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad.

A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción disolvente sobre ciertas sales presentes en el agua y también sobre algunos componentes del cemento, al impartirles una acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo.

Por sus características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de ellos impracticables, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos.

El método tradicional, que puede resultar más eficiente y práctico, es el de la destilación. Actualmente se está trabajando en este campo para lograr unidades que aprovechen la energía solar y eliminen los cloruros de manera eficiente y a bajo costo. Este sistema puede resultar especialmente útil en comunidades costeras cuya única fuente sea el agua del mar. (Martel, 2012).

### 2.1.10 El método SODIS.- Desinfección solar del agua.

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.

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.

Los microorganismos patógenos son vulnerables a dos efectos de la luz solar: la radiación en el espectro de luz UV-A (longitud de onda 320-400nm) y el calor (incremento en la temperatura del agua). Se produce una sinergia entre estos dos efectos, ya que el efecto combinado de ambos es mucho mayor que la suma de cada uno de ellos independientemente. Esto implica que la mortalidad de los microorganismos se incrementa cuando están expuestos a la temperatura elevada y a la luz UV-A simultáneamente. (Wegelin, 2003)

Este método alternativo aprovecha la energía solar como medio de tratamiento, además el reciclaje de botellas PET para almacenar el agua a ser tratada, por lo que hace de este un método totalmente económico y que brinda una alternativa nueva y viable, a poblaciones que no cuentan con recursos para tratar el agua.

#### 2.1.10.1 Principio.

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, eleva la temperatura del agua y genera el efecto de pasteurización cuando la temperatura llega a 60-65ºC. El uso combinado de la radiación UV-A y del calor produce un efecto de sinergia que incrementa la eficacia del proceso. (GIAI, Evaluación de la enseñanza y efectividad de un método alternativo y económico de potabilización de agua en escuelas rurales de Mendoza (Argentina), 2013).

Estos dos componentes permiten que el agua de lluvia la cual es fuente principal de abastecimiento en la comunidad de Puerto Santa Ana, sea tratada y aprovechada, tanto los rayos UV, como los rayos infrarrojos, han sido participes del proceso.

#### 2.1.10.2 Procedimiento.

El procedimiento del método SODIS es completamente manual, y se lo realiza en cinco pasos:

1. Selección y lavado de las botellas plásticas transparentes. Estas botellas no deben presentar rayones o raspaduras, y no deben haber sido utilizadas para envasar aceites, grasas o combustibles.
2. Llenar las botellas con agua clara y tapar bien. Las botellas deben ser llenadas en su totalidad, evitando la presencia de burbujas de aire.

3. Poner las botellas a exposición de la luz solar.
4. Al final del día, retire la botella expuesta al sol, o de preferencia dejar hasta la mañana siguiente para que se estabilice la temperatura.
5. Una vez que la temperatura haya sido estabilizada, se puede beber el agua tratada.

#### 2.1.10.3 Ventajas.

- Método de bajo costo.
- Utiliza materiales reciclados.
- Mejora la calidad microbiológica del agua.
- Ayuda a mejorar la salud de las familias involucradas.
- Método fácil que involucra el interés y el cuidado del agua.
- No necesita de fuentes naturales tradicionales de energía como el gas, la madera, el carbón, etc.
- Reduce la deforestación y la contaminación atmosférica porque evita la combustión de madera.

#### 2.1.10.4 Desventajas.

- Este método solo sirve para tratar pequeñas cantidades de agua.
- El método requiere de radiación suficiente para desinfectar, es decir, en días nublados no es funcional, por lo que depende de los factores climáticos de la zona.
- No mejora las características químicas del agua.
- En aguas turbias no funciona, por lo que solamente es viable para aguas claras.

## 2.1.11 NORMATIVA LEGAL.

### 2.1.11.1 INEN 1108 (V Edición – 2014).

**Objeto.**

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. (NTE INEN 1108, 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 y tanqueros. (NTE INEN 1108, 2014).

**Límites máximos permisibles.**

Se anexa la **figura 25**, de los límites máximos permisibles para agua apta para consumo humano.

**Muestreo.**

El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods). (NTE INEN 1108, 2014).

El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods). (NTE INEN 1108, 2014).

**Métodos de ensayo.**

Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido. (NTE INEN 1108, 2014).

### 2.1.11.2 Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente - ACUERDO No. 097-A

**Objeto.**

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. (MAE, 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.
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.
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. (MAE, 2015)

**Límites máximos permisibles.**

Se anexa la **figura 26**., de los límites máximos permisibles para agua apta para consumo humano.

### 2.1.11.3 Reforma Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria - ACUERDO NO. 061

**Calidad de componentes abióticos.**

**Art. 208** Componentes abióticos.- Entiéndase a los componentes sin vida que conforman un espacio físico que pueden ser alterados de su estado natural por actividades antrópicas, siendo entre otros: el agua, el suelo, los sedimentos, el aire, los factores climáticos, así como los fenómenos físicos. (MAE, 2015)

**Art. 209** De la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de Control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos de sus descargas así como del cuerpo de agua receptor.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso. (MAE, 2015)

**Art. 210** Prohibición.- De conformidad con la normativa legal vigente:

a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados;

b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación;

c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y,

d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico.

La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades del Agua y agencias de regulación competentes, son quienes establecerán los criterios bajo los cuales se definirá la capacidad de carga de los cuerpos hídricos mencionados. (MAE, 2015)

**De los monitoreos.**

**Art. 253** Del objeto.- Dar seguimiento sistemático y permanente, continuo o periódico, mediante reportes cuyo contenido está establecido en la normativa y en el permiso ambiental, que contiene las observaciones visuales, los registros de recolección, los análisis y la evaluación de los resultados de los muestreos para medición de parámetros de la calidad y/o de alteraciones en los medios físico, biótico, socio–cultural; permitiendo evaluar el desempeño de un proyecto, actividad u obra en el cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental y de la normativa ambiental vigente.

Los monitoreos de los recursos naturales deberán evaluar la calidad ambiental por medio del análisis de indicadores cualitativos y cuantitativos del área de influencia de la actividad controlada y deberán ser contrastados con datos de resultados de línea base y con resultados de muestreos anteriores, de ser el caso. (MAE, 2015)

**Art. 254** De los tipos de monitoreo.- Los monitoreos ambientales que una determinada actividad requiera, deben estar detallados en los Planes de Manejo Ambiental respectivos; es posible realizar distintos tipos de monitoreos de acuerdo al sector, según la cantidad y magnitud de los impactos y riesgos contemplados en una obra, actividad, o proyecto. Entre ellos están monitoreos de la calidad de los recursos naturales y monitoreos a la gestión y cumplimiento de los Planes de Manejo Ambiental; monitoreos de descargas y vertidos líquidos; monitoreos de la calidad del agua del cuerpo receptor; monitoreos de emisiones a

la atmósfera; monitoreos de ruido y vibraciones; monitoreo de la calidad del aire; monitoreos de componentes bióticos; monitoreos de suelos y sedimentos; monitoreos de lodos y ripios de perforación; monitoreos de bioacumulación; y aquellos que requiera la Autoridad Ambiental Competente.

Los monitoreos a los Planes de Manejo Ambiental incluirán la evaluación del mantenimiento de las plantas de tratamiento o de recirculación de las aguas de descarga, de los equipos de manejo de desechos, de los sensores y medidores de parámetros, y demás equipamiento, maquinaria e infraestructura que interviene en el monitoreo ambiental de una actividad. (MAE, 2015)

**Art. 255** Obligatoriedad y frecuencia del monitoreo y periodicidad de reportes de monitoreo.- El Sujeto de Control es responsable por el monitoreo permanente del cumplimiento de las obligaciones que se desprenden de los permisos ambientales correspondientes y del instrumento técnico que lo sustenta, con particular énfasis en sus emisiones, descargas, vertidos y en los cuerpos de inmisión o cuerpo receptor. Las fuentes, sumideros, recursos y parámetros a ser monitoreados, así como la frecuencia de los muestreos del monitoreo y la periodicidad de los reportes de informes de monitoreo constarán en el respectivo Plan de Manejo Ambiental y serán determinados según la actividad, la magnitud de los impactos ambientales y características socio-ambientales del entorno.

Para el caso de actividades, obras o proyectos regularizados, el Sujeto de Control deberá remitir a la Autoridad Ambiental Competente, para su aprobación la ubicación de los puntos de monitoreo de emisiones, descargas y/o vertidos, generación de ruido y/o vibraciones, los cuales serán verificados previo a su pronunciamiento mediante una inspección.

En el caso que un proyecto, obra o actividad produzca alteración de cuerpos hídricos naturales con posible alteración a la vida acuática, y/o alteración de la flora y fauna terrestre en áreas protegidas o sensibles, se deberá incluir en los informes de monitoreo un programa de monitoreo de la calidad ambiental por medio de indicadores bióticos.

Estos requerimientos estarán establecidos en los Planes de Manejo Ambiental, condicionantes de las Licencias Ambientales o podrán ser dispuestos por la autoridad ambiental competente durante la revisión de los mecanismos de control y seguimiento ambiental.

Como mínimo, los Sujetos de Control reportarán ante la Autoridad Ambiental Competente, una vez al año, en base a muestreos semestrales, adicionalmente se acogerá lo establecido en las normativas sectoriales; en todos los casos, el detalle de la ejecución y presentación de los monitoreos se describirá en los Planes de Monitoreo Ambiental correspondientes.

La Autoridad Ambiental Competente en cualquier momento, podrá disponer a los Sujetos de Control la realización de actividades de monitoreo de emisiones, descargas y vertidos o de calidad de un recurso; los costos serán cubiertos en su totalidad por el Sujeto de Control. Las actividades de monitoreo se sujetarán a las normas técnicas expedidas por la Autoridad Ambiental Nacional y a la normativa específica de cada sector. (MAE, 2015)

**Art. 256** Análisis y evaluación de datos de monitoreo.- Los Sujetos de Control deberán llevar registros de los resultados de los monitoreos, de forma permanente mientras dure la actividad, ejecutar análisis estadísticos apropiados y crear bases de datos que sirvan para el control y seguimiento por un lapso mínimo de siete (7) años.

Adicionalmente, se deberá brindar todas las facilidades correspondientes para que el control y seguimiento se lo ejecute de forma digitalizada, de ser posible en línea y en tiempo real. (MAE, 2015)

**De los muestreos.**

**Art. 257** Muestreo.- Es la actividad de toma de muestras con fines de evaluación de la calidad ambiental. Además de las disposiciones establecidas en el Plan de Monitoreo Ambiental, la toma de muestras puede requerir de disposiciones puntuales sobre el sitio de muestreo, la temporalidad de los muestreos, el tipo y frecuencia de muestreo, los procedimientos o métodos de muestreo, los tipos de envases y procedimientos de preservación para la muestra de acuerdo a los parámetros a analizar. Estos deben hacerse en base a las normas técnicas ecuatorianas o en su defecto a normas o estándares aceptados en el ámbito internacional; se debe además, mantener un protocolo de custodia de las muestras.

Los muestreos deberán realizarse cumpliendo con las normas técnicas establecidas para el efecto. Los análisis deben ser realizados por laboratorios cuyos parámetros se encuentren acreditados ante el organismo competente.

Para la toma de muestras de las descargas, emisiones y vertidos, el Sujeto de Control deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de los mismos y proporcionará todas las

facilidades para el efecto, así como los datos de la materia prima, y los productos químicos utilizados, entre otros, para que el personal técnico encargado del control, pueda efectuar su trabajo conforme a lo establecido en las normas técnicas ambientales.

En toda caracterización de descargas, emisiones o vertidos deberán constar las respectivas condiciones y circunstancias bajo las cuales fueron tomadas las muestras. Para la toma de muestras en cuerpos receptores se contemplará el área de influencia de la emisión o vertido y la temporalidad de los sucesos. (MAE, 2015)

**Art. 258** Información de resultados del muestreo.-

Cuando la Autoridad Ambiental Competente realice un muestreo para control de una emisión, descarga y vertido, deberá informar sobre los resultados obtenidos al Sujeto de Control respectivo, conjuntamente con las observaciones técnicas pertinentes. (MAE, 2015)

# CAPÍTULO III

## 3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

### 3.1.1 Localización.

La comunidad de Puerto Santa Ana está ubicada en la Parroquia Madre Tierra, Cantón Mera, Provincia de Pastaza, a 25 km del Cantón Puyo, se encuentra a 1 grado 35 minutos latitud Sur y a 38 grados 01 minuto longitud Oeste y entre los 850 a 900 msnm, y una temperatura que oscila entre 18 a 23 grados centígrados, perteneciente a la comuna San Jacinto del Pindo, parroquia Madre Tierra, Cantón Mera, Provincia de Pastaza.

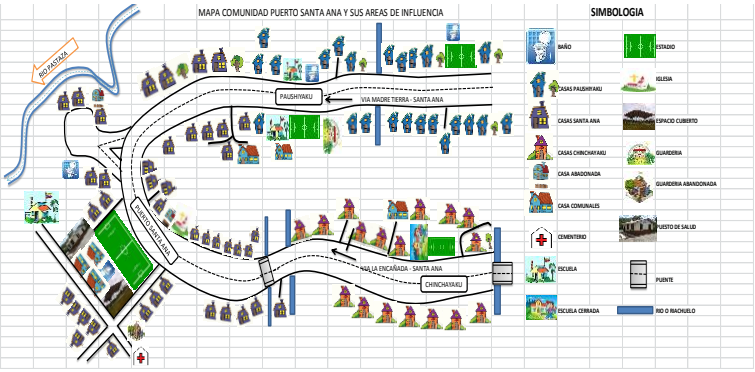
Puerto Santa Ana: Ubicado a orillas del río Pastaza este sitio es punto de encuentro y de transporte para las comunidades que viven al otro lado del río, ya que existe una tarabita que facilita el cruce de este río, esta tarabita es una de las más grandes de la provincia con un ancho de 500 metros. (Escobar, 2015).

Tiene una población de 420 habitantes, el 95%, se dedican a la agricultura, los productos que siembran son la yuca, el plátano, y otros que sirven para el consumo familiar, y para la comercialización. En la actualidad las mujeres se encuentran realizando actividades artesanales, elaboran collares, pulseras aretes con pepas del lugar y materiales de la zona los cuales los venden en la feria comunal, al igual que los productos agrícolas, que realizan cada 15 días los días sábados. (Escobar, 2015).

**Figura 1.** Mapa de la comunidad de Santa Ana Parroquia Madre tierra, Cantón Mera, Provincia Pastaza.

**Fuente:** Diagnostico situacional de la comunidad de Puerto Santa Ana (2015).

**Figura 2.** Croquis de la comunidad de Santa Ana Parroquia Madre tierra, Cantón Mera, Provincia Pastaza y sus áreas de influencia.




**Fuente:** Diagnostico situacional de la comunidad de Puerto Santa Ana (2015).

### 3.1.2 Tipo de Investigación.

Es una investigación Diagnóstica por cuanto en la investigación se identificará aspectos relevantes del problema y se analiza causas, consecuencias y posibles soluciones.

Será una investigación Bibliográfica porque se utilizarán diferentes fuentes de consulta para la estructuración del marco teórico.

Además es una investigación de campo, porque se recolectará la información en el mismo lugar de los hechos utilizando la entrevista como técnica y la encuesta como instrumento a utilizarse.

### 3.1.3 Métodos de Investigación.

Método de observación, por cuanto se investigará en el lugar de los hechos con los involucrados en la problemática planteada y posibilitando la aplicación del método SODIS, mejorando así la calidad de vida de los pobladores.

Método Inductivo porque partiendo de la observación y el análisis de los hechos ocurridos en la comunidad, sobre la incidencia que tiene el consumir agua tratada en la salud de la población, generando posteriormente las conclusiones, y las recomendaciones para la solución del problema.

Método de Síntesis, porque luego del análisis de los hechos necesariamente debe proyectarse una síntesis que implica la reconstrucción de los hechos, para implementar el sistema SODIS, como plan piloto del sistema de tratamiento de agua.

Método Experimental, porque nos permite analizar los parámetros físicos y químicos del agua que consumen los habitantes de la comunidad de Puerto Santa Ana, antes y después de la aplicación del tratamiento del agua, resultados que dará lugar a la verificación de la hipótesis planteada, y la aplicación del método SODIS en la comunidad.

### 3.1.4 Diseño de la investigación.

La presente investigación es experimental, por cuanto en sus variables, se determina causa y efecto del siguiente problema:

La comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza no dispone de un sistema de tratamiento de agua apta para el consumo humano.

El presente trabajo investigativo tiene dos partes, la primera es una investigación de campo mediante la aplicación de la encuesta a 62 jefes de familia, que representa el 100% de la población; en la que se refleja las necesidades de la comunidad.

La segunda parte la aplicación del método SODIS, como un plan piloto en la comunidad de Puerto Santa Ana, para verificar si se da solución al problema planteado.

Para la aplicación del método SODIS, se propone cuatro experimentos:

**Tabla 1. E**xperimentos.

| EXPERIMENTO N° | MATERIAL REFLECTOR |
|---|---|
| **1** | Sin material reflector |
| **2** | Tetrapack |
| **3** | Zinc |
| **4** | Zinc pintado de negro |

**Fuente:** Elaboración propia de los investigadores.
**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

Estos experimentos propuestos se los realizarán en una estación piloto, siguiendo procedimientos técnicos, y que será construida en una zona a determinarse por los investigadores, tomando en cuenta condiciones aptas para la construcción como,

luminosidad, accesibilidad, y condiciones geográficas aptas para el aprovechamiento de la luz solar.

Estos experimentos se los realizará tomando en cuenta materiales reflectores, con la capacidad de aumentar la temperatura en las horas de exposición del agua a ser tratada, estos materiales son el tetrapack, que es un material reciclado de cartones de leche o jugos, y se lo utilizará de base en forma de "V", en donde se asentará la botella a ser expuesta, también se utilizará de base zinc, que se puede encontrar en la mayoría de los tejados de las casas de la comunidad, tanto el tetrapack como el zinc tiene la capacidad de reflejar la luz solar; el tercer material utilizado como base es un zinc pintado de negro, que absorbe los rayos solares, para elevar la temperatura de la botella asentada sobre él.

### 3.1.5 Tratamiento de los datos.

Para el procesamiento de los datos de la encuesta, y de los datos obtenidos del plan piloto del método SODIS, se utilizó herramientas informáticas como EXCEL, para realizar la tabulación y consolidación de los datos en forma gráfica.

Para la interpretación de la encuesta se toma en cuenta el siguiente orden:

a) Pregunta de la encuesta.
b) Tablas de Frecuencias de respuestas y porcentajes obtenidos.
c) Figura Estadística representada en pastel.
d) Análisis e interpretación de resultados obtenidos en cada pregunta.

### 3.1.5.1 Aplicación de la encuesta a los 62 jefes de familia de la comunidad de Puerto Santa Ana parroquia Madre Tierra - Cantón Pastaza.

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

**Tabla 2.** El agua potable en la comunidad.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje (%) |
|---|---|---|
| SÍ | 0 | 0 |
| NO | 62 | 100 |
| EN PARTE | 0 | 0 |
| **Total** | 62 | 100 |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 3.** El agua potable en la comunidad.

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**.- De los 62 encuestados el 100% responden que NO, lo que significa que la comunidad no cuenta con agua potable siendo un requerimiento prioritario para la vida de la población.

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

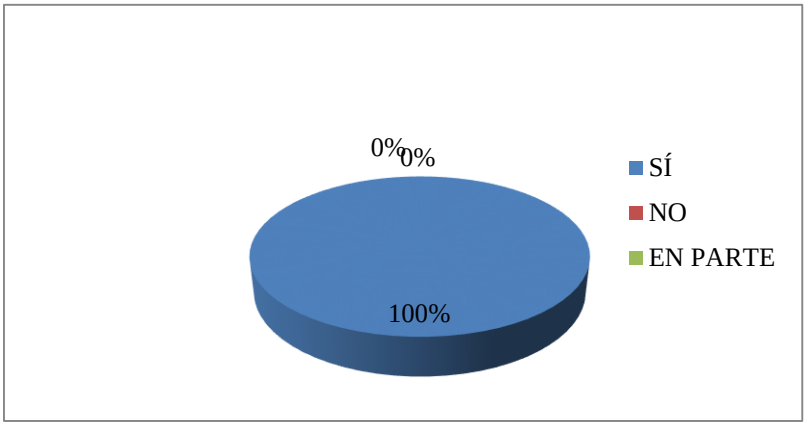
**Tabla 3.** El agua lluvia para el consumo diario en los hogares.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 62 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| EN PARTE | 0 | 0% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 4.** El agua lluvia para el consumo diario en los hogares.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados.-** El 100% de respuestas corresponden al SI, lo que significa que al no contar con agua entubada la población obligatoriamente tienen que utilizar el agua lluvia para su consumo.

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

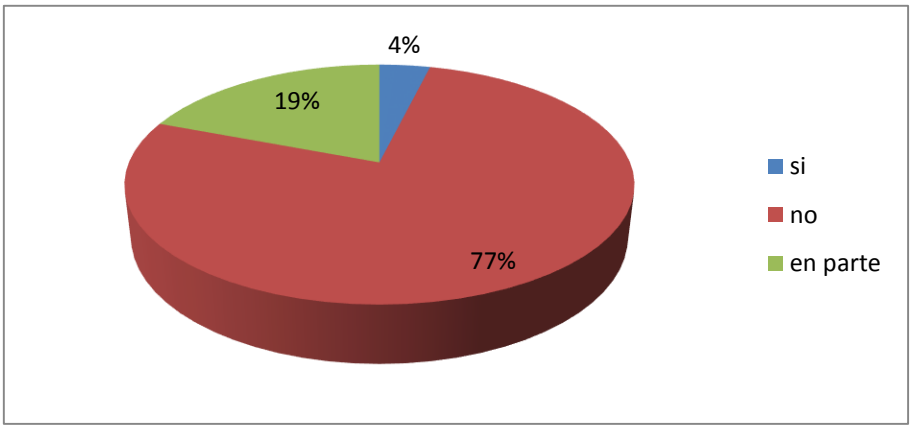
**Tabla 4.** El agua del rio para el consumo diario en los hogares.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 2 | 2% |
| NO | 40 | 0% |
| EN PARTE | 10 | 10% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 5.** El agua del rio para el consumo diario en los hogares.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados.-** 10 encuestados responden que EN PARTE siendo el 10%, 40 responden NO y 2 SI lo que significa que la mayoría de la población se abastecen de otra fuente.

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

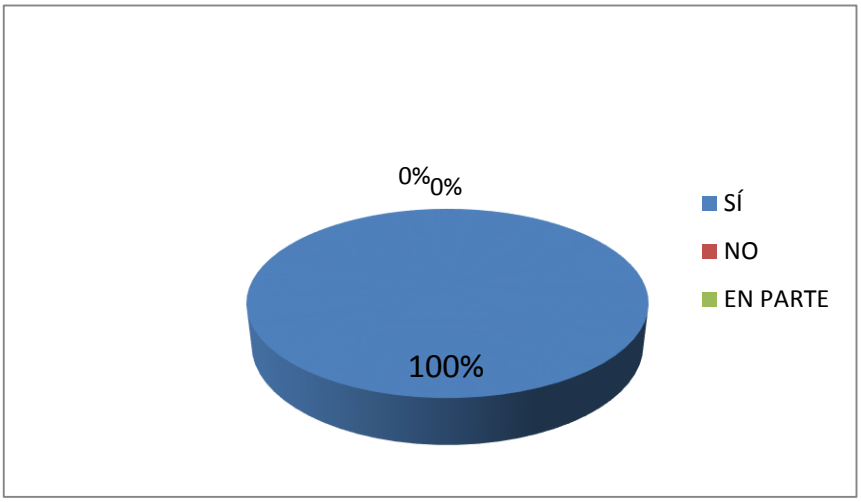
**Tabla 5.** El tanque reservorio para el almacenamiento del agua.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 62 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| EN PARTE | 0 | 0% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 6.** El tanque reservorio para el almacenamiento del agua.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**

El 100% de los encuestados responden que SI, lo que significa que por la falta de agua potable o entubada tienen que almacenar el agua en recipientes para su consumo.

**Pregunta N°5.-** ¿Considera que el consumo de agua no tratada provoca enfermedades gastrointestinales en la población?

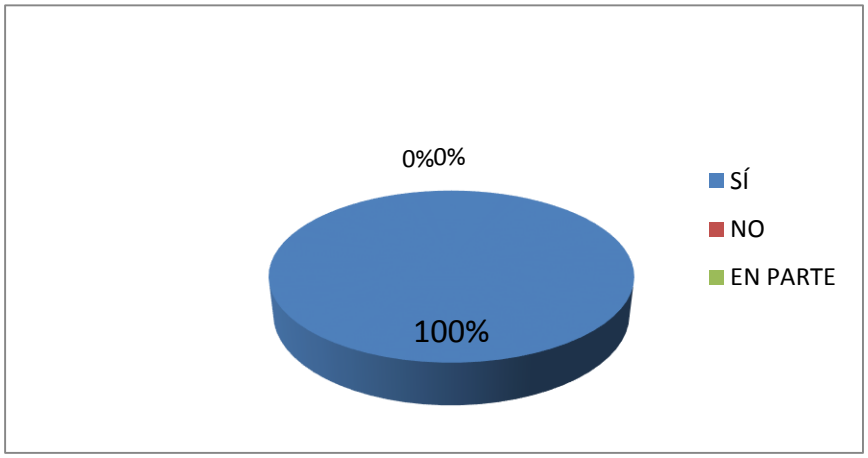
**Tabla 6**. El consumo de agua no tratada y las enfermedades gastrointestinales.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 62 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| EN PARTE | 0 | 0% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 7.** El consumo de agua no tratada y las enfermedades gastrointestinales.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**

Los 62 encuestados responden que SI, siendo el 100% lo que significa que la población está consciente que las enfermedades gastrointestinales son provocadas por la falta de agua no tratada.

**Pregunta N°6.-** ¿Considera que el consumo de agua no tratada provoca enfermedades de la piel en la población?

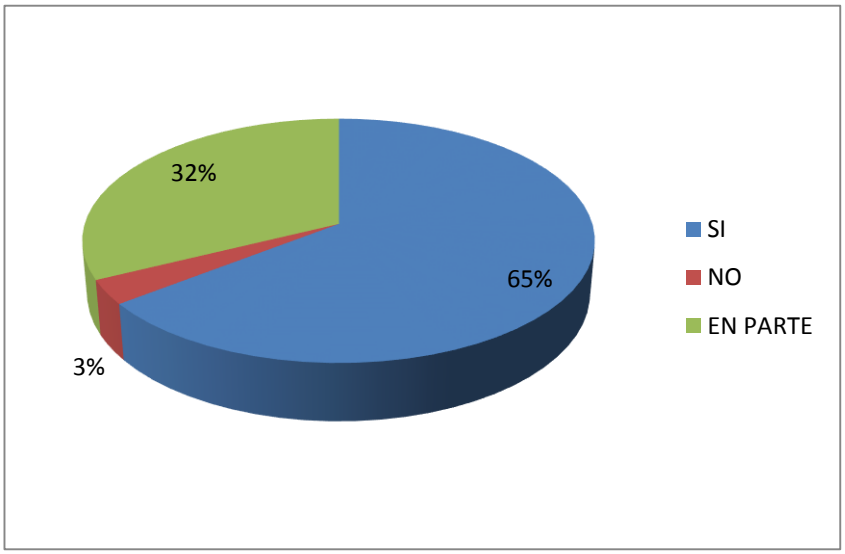
**Tabla 7.** El consumo de agua no tratada y las enfermedades de la piel.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 40 | 40% |
| NO | 2 | 2% |
| EN PARTE | 20 | 20% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 8.** El consumo de agua no tratada y las enfermedades de la piel.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**

De los 62 encuestados 20 responden que EN PARTE siendo el 20%, 40 responden que SI, y el 2% indican que NO, lo que significa que la mayoría considera que las enfermedades que se produce en la piel tienen mucho que ver con el consumo de agua no tratada.

**Pregunta N°7.-** ¿Considera que los niños de la comunidad son los más afectados con estas enfermedades por la falta de agua no apta para el consumo humano?

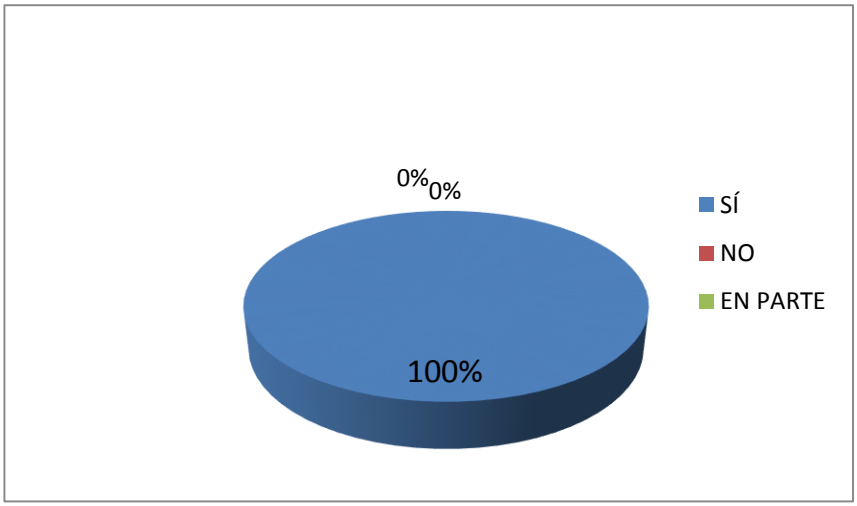
**Tabla 8.** El agua y las enfermedades frecuentes en los niños.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 62 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| EN PARTE | 0 | 0% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 9.** El agua y las enfermedades frecuentes en los niños.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**

Los 62 encuestados que representa el 100% responden que SI, lo que significa que los niños son los más afectados con enfermedades por la falta de agua tratada apta para el consumo humano.

**Pregunta N°8.-** ¿Considera que en la comunidad debería implementarse un sistema de agua tratada para el consumo humano?

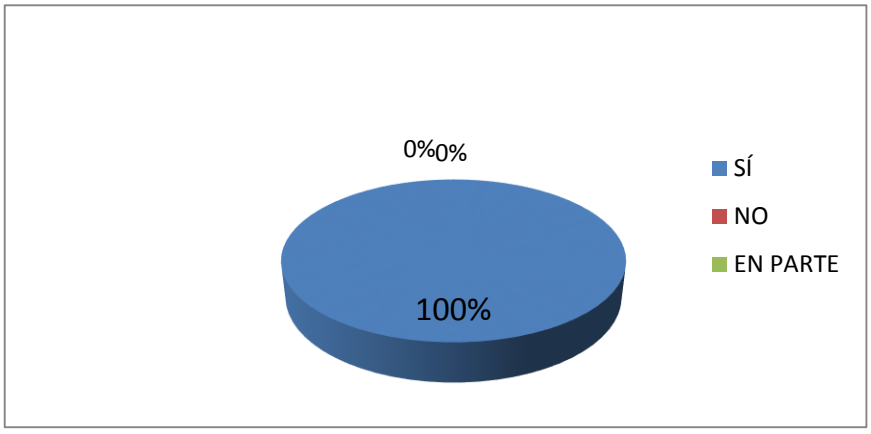
**Tabla 9.** Implementación de un sistema de agua tratada para el consumo humano.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 62 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| EN PARTE | 0 | 0% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 10.** Implementación de un sistema de agua tratada para el consumo humano.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**

El 100% de los encuestados responden que SI, lo que significa que los pobladores de la comunidad tienen necesidad de que se implemente un sistema de tratamiento de agua para el consumo humano.

**Pregunta N° 9.- ¿**Considera que mejoraría la calidad de vida de los pobladores si la comunidad contará con agua apta para el consumo humano?

**Tabla 10.** Calidad de vida y el agua apta para el consumo humano.

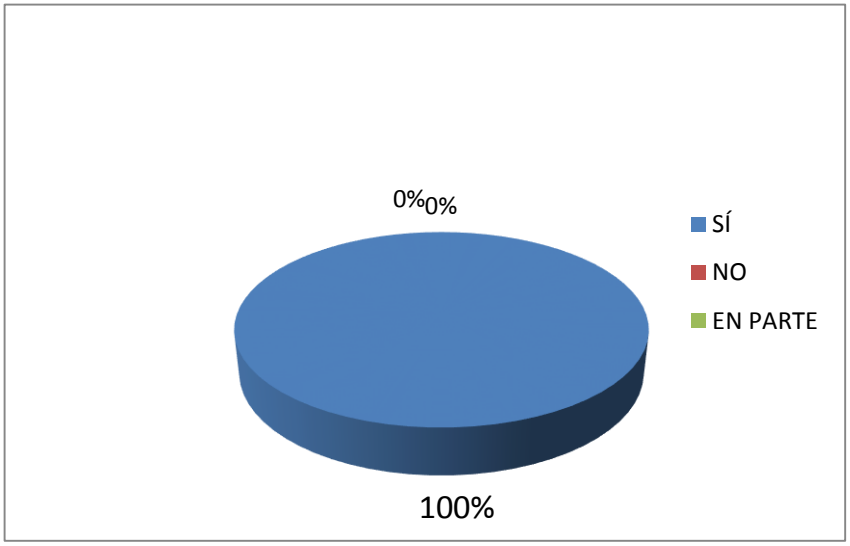
| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 62 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| EN PARTE | 0 | 0% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 11.** Calidad de vida y el agua apta para el consumo humano.

.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**

De los 62 encuestados todos responden que SI siendo el 100%, lo que significa que si la comunidad contará con agua apta para el consumo humano mejoraría la calidad de vida de los pobladores.

**Pregunta N°10**.- ¿Cree usted que la población apoyaría la implementación de proyectos de tratamiento del agua que beneficiaría a la comunidad?

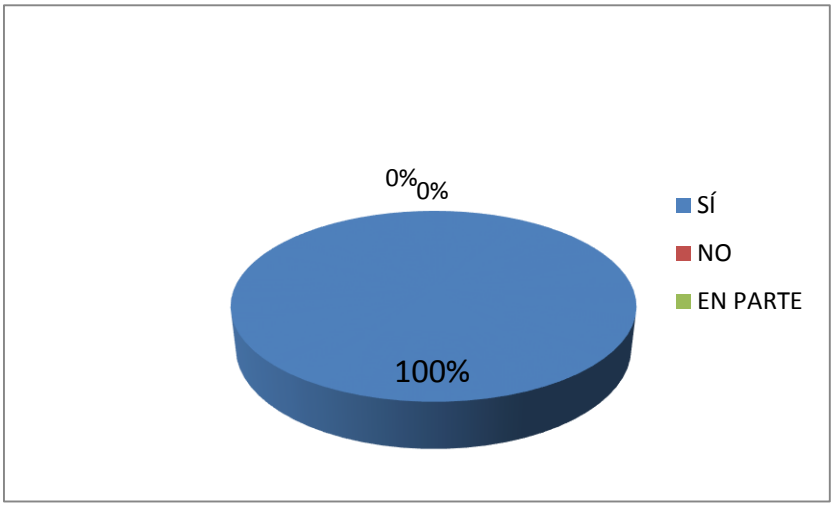
**Tabla 11.** Implementación de proyectos de tratamiento del agua.

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| SÍ | 62 | 100% |
| NO | 0 | 0% |
| EN PARTE | 0 | 0% |
| **Total** | 62 | 100% |

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 12.** Implementación de proyectos de tratamiento del agua.




**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Análisis e interpretación de resultados**

Los 62 encuestados responden que SI, siendo el 100%, lo que significa que todos están de acuerdo que apoyarían la implementación de proyectos de tratamiento del agua lo cual beneficiaría a la comunidad.

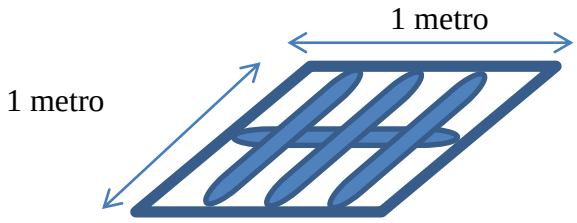
### 3.1.5.2 Aplicación del método SODIS, en la comunidad de Puerto Santa Ana parroquia Madre Tierra cantón Pastaza.

Habiéndose determinado las necesidades de la población de la comunidad de Puerto Santa Ana, se implementa al método SODIS, como plan piloto para mejorar las condiciones de vida de la población.

La aplicación del método SODIS, comprende dos componentes principales en la desinfección del agua exponiéndola directamente a los rayos solares, el primero es la radiación UV, que mata a los microorganismos (GIAI, EVALUATION OF EDUCATION AND EFFECTIVENESS OF AN ALTERNATIVE AND ECONOMIC METHOD OF DRINKING WATER IN RURAL SCHOOLS, 2013), y el segundo es la radiación infrarroja que eleva la temperatura (GIAI, EVALUATION OF EDUCATION AND EFFECTIVENESS OF AN ALTERNATIVE AND ECONOMIC METHOD OF DRINKING WATER IN RURAL SCHOOLS, 2013), para realizar una pasteurización con el aumento de la temperatura del agua tratada.

Se estableció una estación piloto del método SODIS, en la escuela de la Comunidad de Puerto Santa Ana, por prestar las condiciones aptas para la ejecución del mismo, en donde se diseñó, y se construyó la estación con el apoyo del presidente de la comunidad, esta estación fue hecha con caña guadua obtenida del mismo lugar, y fue diseñada de la siguiente manera:

**Figura 13.** Estación piloto.



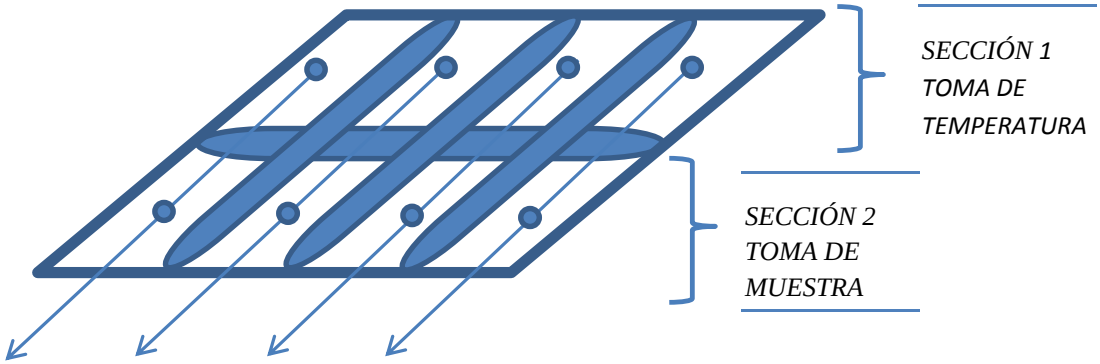

**Fuente:** Elaboración propia.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

Una base de 1m x 1m, divididos en dos secciones con capacidad para 8 botellas de 3 litros, la primera sección fue para botellas destinadas a la toma de temperatura, cada celda de la primera sección, tuvo un experimento propuesto, mientras que la sección dos, fue para

botellas destinadas a la toma de muestra, para el análisis de calidad de agua, cada celda de igual manera que la primera sección, tuvo un experimento propuesto, como lo explicaremos gráficamente:

**Figura 14.** Secciones estación piloto.




| Experimento 1 | Experimento 2 | Experimento 3 | Experimento 4 |
|---|---|---|---|

**Fuente:** Encuesta realizada a los pobladores de la comunidad de Santa Ana.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

Se dividió en dos secciones, ya que las botellas que fueron destinadas para el monitoreo de la temperatura, no pueden ser utilizadas para la toma de muestras, y evitar así, la posible contaminación al manipular las botellas.

Las muestras que se tomaron para enviar al respectivo análisis, fueron tomadas de la siguiente manera:

Muestra compuesta para agua cruda; se tomaron cuatro muestras de 1000 ml para homogenizar en una sola muestra para el análisis, estas muestras fueron recolectadas el día martes 07 de junio de 2016 a las 06h00, 10h00, 14h00 y 18h00.

Dichas muestras luego de ser homogenizadas, se trasvaso a un recipiente totalmente limpio de 2000 ml, para ser refrigerado inmediatamente.

Muestra simple para agua tratada; las botellas destinadas a tratamiento SODIS en este plan piloto, tuvieron un volumen de 3000 ml, y fueron expuestas desde las 6 de la mañana hasta las 20h00 del día martes 7 de junio de 2016, hora que fue tomada la muestra, del agua tratada, en este caso del experimento que alcanzo la mayor temperatura de los cuatro propuestos, esta muestra de agua tratada, junto con la muestra de agua cruda, fueron

almacenadas inmediatamente en un refrigerador hasta la mañana siguiente, para ser transportadas en un cooler para mantener la temperatura adecuada para la realización de los análisis en el laboratorio.

Se monitoreo cada dos horas la temperatura de los cuatro experimentos propuestos desde las 6 de la mañana, hasta las 18h00, del día 07 de junio de 2016, obteniendo como resultado los siguientes datos:

**Tabla 12.** Experimento sin material reflector.

| HORA | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) |
|---|---|
| **06H00** | 16 |
| **08H00** | 16.9 |
| **10H00** | 22.3 |
| **12H00** | 34.5 |
| **14H00** | 42.8 |
| **16H00** | 38 |
| **18H00** | 25.4 |

**Fuente:** Datos obtenidos en monitoreo (junio 12 de 2016).

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Tabla 13.** Experimento con tetrapack.

| HORA | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) |
|---|---|
| **06H00** | 16 |
| **08H00** | 19.2 |
| **10H00** | 29.9 |
| **12H00** | 44.3 |
| **14H00** | 62.1 |
| **16H00** | 47.9 |
| **18H00** | 32.5 |

**Fuente:** Datos obtenidos en monitoreo (junio 12 de 2016).

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Tabla 14.** Experimento con zinc.

| HORA | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) |
|---|---|
| **06H00** | 16 |
| **08H00** | 17.6 |
| **10H00** | 27.1 |
| **12H00** | 42.2 |
| **14H00** | 58.6 |
| **16H00** | 40.2 |
| **18H00** | 37.2 |

**Fuente:** Datos obtenidos en monitoreo (junio 12 de 2016).

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Tabla 15.** Experimento con zinc negro.

| HORA | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) |
|---|---|
| **06H00** | 16 |
| **08H00** | 17.2 |
| **10H00** | 26.2 |
| **12H00** | 40.8 |
| **14H00** | 56.4 |
| **16H00** | 48.4 |
| **18H00** | 42.7 |

**Fuente:** Datos obtenidos en monitoreo (junio 12 de 2016).

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

En la siguiente tabla se observa la temperatura máxima alcanzada de los cuatro experimentos.

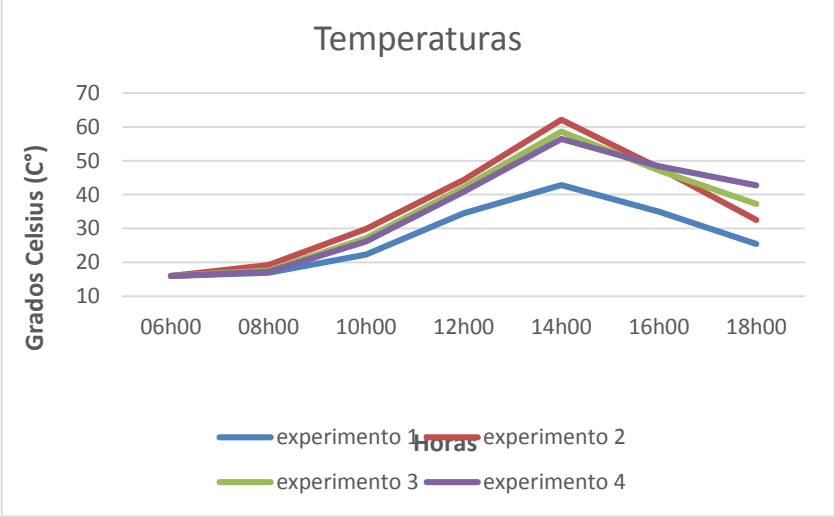
**Tabla 16.** Experimentos, materiales y temperaturas.

| EXPERIMENTO | MATERIAL REFLECTOR | TEMP. MAX. ALCANZADA |
|---|---|---|
| **1** | Sin material reflector | 42.8°C |
| **2** | Tetrapack | 62.1°C |
| **3** | Zinc | 58.6°C |
| **4** | Zinc pintado de negro | 56.4°C |

**Fuente:** Datos obtenidos en monitoreo (Junio 12 de 2016).

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

**Figura 15.** Experimentos temperaturas máximas alcanzadas.




**Fuente:** Datos obtenidos en monitoreo (junio 12 de 2016).

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

El experimento N°2 alcanzo una temperatura máxima de 62,1° C, la cual es la temperatura más alta de todos los experimentos realizados.

Para el análisis de calidad de agua se tomaron dos muestras, que fueron enviadas al laboratorio CESTTA, el mismo que está acreditado por el **SERVICIO DE ACREDITACION ECUATORIANO** con acreditación **N° OAE LE 2C 06-008**, lo cual

garantizará los resultados obtenidos. Estas muestras fueron tomadas el día martes 07 de junio de 2016, a las 20h00 etiquetadas de la siguiente manera:

ACECPSA: Agua Cruda Escuela de la Comunidad de Puerto Santa Ana.

ATECPSA: Agua Tratada Escuela de la Comunidad de Puerto Santa Ana.

La muestra **ATECPSA** fue tomada del experimento ***N°2*** ya que fue la de mayor temperatura alcanzada, mientras que la muestra **ACECPSA** fue tomada de la llave de agua del tanque recolector de la escuela de la comunidad.

Dichas muestras fueron trasladadas en envases de 2000 ml herméticamente cerrados, completamente llenos, y homogenizados, para ser transportados inmediatamente luego de la toma de las muestras, refrigeradas en un cooler con hielo, para mantener las condiciones óptimas para el respectivo análisis.

Los parámetros analizados fueron los siguientes:

**Tabla 17.** Parámetros analizados.

| PARÁMETROS | EXPRESADO COMO | UNIDADES |
|---|---|---|
| Arsénico | As | mg/L |
| Cromo | Cr | mg/L |
| Plomo | Pb | mg/L |
| Hierro | Fe | mg/L |
| Manganeso | Mn | mg/L |
| Potencial Hídrógeno | pH | Unidades de pH |
| Dureza total | DT | mg/L |
| Sólidos Totales | ST | mg/L |
| Sólidos Totales Disueltos | SD | mg/L |
| Sólidos suspendidos | SST | mg/L |
| Coliformes Totales | CT | UFC/100mL |
| Coliformes fecales | CF | UFC/100mL |
| Mercurio | Hg | mg/L |
| Cloruros | Cl¬ | mg/L |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

Dichos parámetros fueron seleccionados, ya que el agua a ser tratada es de fuente de agua lluvia, recolectada por zinc y conducida por canales de metal para ser depositada en recipientes recolectores, en este caso tanques de cemento.

## 3.1.6 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.

### 3.1.6.1 Recursos Humanos.

- Asesor del proyecto de investigación Dr. Raúl Valverde.
- Dos estudiantes de la carrera de Ing. Ambiental.
- Presidente de la comunidad de Puerto Santa Ana.
- Doctora del Subcentro de salud de la comunidad de Puerto Santa Ana.

### 3.1.6.2 Recursos Materiales.

- Botellas Plásticas.
- Zinc.
- Tetrapack.
- Pintura negra.
- Jabón lavavajilla.
- Libretines.
- Lápices.
- Marcadores.

### 3.1.6.3 Equipos.

- Computador.
- GPS.
- Termómetro de mercurio.

# CAPITULO IV

## 4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Para determinar los resultados de la aplicación del método SODIS, se tomó una muestra de agua cruda, y se seleccionó una muestra del experimento N°2, por haber alcanzado la mayor temperatura (62.1°C), de los cuatro experimentos enunciados en la metodología, para ser analizadas en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección (LABCESTTA).

Estas muestras son, ACECPSA (Agua antes del tratamiento) y ATECPSA (Agua después de ser tratada).

En estas muestras se utilizaron diferentes métodos aceptados y recomendados por las normativas vigentes en el país.

Para los metales: Arsénico, cromo, plomo, hierro y manganeso, se utilizó el Método **EPA 200.7 ICP – AES rev4.4 1994,** que es el método para determinación de metales en agua (METHOD 200.7 DETERMINATION OF METALS AND TRACE ELEMENTS IN WATER AND WASTES BY INDUCTIVELY COUPLED PLASMA-ATOMIC EMISSION SPECTROMETRY).

Para los coliformes Totales se utilizó el método **9222 B. Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure,** que es el método estándar para coliformes totales, mientras que para los coliformes fecales se utilizó el método **9222 D. Fecal Coliform Membrane Filter Procedure,** que es el método estándar para coliformes fecales.

Los resultados obtenidos en la muestra de Agua Cruda tomada de la escuela de Puerto Santa Ana, se presenta en la siguiente tabla:

## MUESTRA ACECPSA (AGUA CRUDA)

**Tabla 18.** Muestra ACECPSA.

| PARÁMETRO | EXPRESADO COMO | UNIDADES | RESULTADO | INEN 1108 | TULSMA 097-A |
|---|---|---|---|---|---|
| Arsénico | As | mg/L | <0,01 | 0,01 | 0,1 |
| Cromo | Cr | mg/L | <0,01 | 0,05 | - |
| Plomo | Pb | mg/L | <0,005 | 0,01 | 0,01 |
| Hierro | Fe | mg/L | <0,07 | - | 1,0 |
| Manganeso | Mn | mg/L | <0,006 | - | - |
| Dureza total | DT | mg/L | <10 | - | - |
| Sólidos Totales | ST | mg/L | <100 | - | - |
| Sólidos Totales Disueltos | SD | mg/L | <50 | - | - |
| Sólidos suspendidos | SST | mg/L | <50 | - | - |
| Coliformes Totales | CT | UFC/100mL | 7000 | - | |
| Coliformes fecales | CF | UFC/100mL | 2700 | <1** | 1000 |
| Mercurio | Hg | mg/L | <0,001 | 0,006 | 0,006 |
| Cloruros | Cl¬ | mg/L | <10 | - | - |

**Fuente:** LABCESTTA, 2016

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

En los parámetros microbiológicos, los coliformes totales y fecales están lejos de los límites máximos permisibles, presentando valores altos presentes en el agua sin ser tratada, valores que serán analizados después de que el agua haya sido tratada por el método SODIS.

El resto de parámetros cumplen con los requerimientos de la normativa INEN 1108, y de el TULSMA.

Los resultados obtenidos en la muestra de Agua tratada tomada de la escuela de Puerto Santa Ana, se presentan en la siguiente tabla:

**MUESTRA ATECPSA (AGUA TRATADA)**

**Tabla 19.** Muestra ATECPSA.

| PARÁMETRO | EXPRESADO COMO | UNIDADES | RESULTADO | INEN 1108 | TULSMA 097-A |
|---|---|---|---|---|---|
| Arsénico | As | mg/L | <0,01 | 0,01 | 0,1 |
| Cromo | Cr | mg/L | <0,01 | 0,05 | - |
| Plomo | Pb | mg/L | <0,005 | 0,01 | 0,01 |
| Hierro | Fe | mg/L | <0,07 | - | 1,0 |
| Manganeso | Mn | mg/L | <0,006 | - | - |
| Dureza total | DT | mg/L | <10 | - | - |
| Sólidos Totales | ST | mg/L | <100 | - | - |
| Sólidos Totales Disueltos | SD | mg/L | <50 | - | - |
| Sólidos suspendidos | SST | mg/L | <50 | - | - |
| Coliformes Totales | CT | UFC/100mL | 4000 | - | |
| Coliformes fecales | CF | UFC/100mL | 1900 | <1** | 1000 |
| Mercurio | Hg | mg/L | <0,001 | 0,006 | 0,006 |
| Cloruros | Cl¬ | mg/L | <10 | - | - |

**Fuente:** LABCESTTA, 2016.

**Elaborado por:** Andrés García Suárez, Alex Gamboa Montero.

Se puede apreciar que los valores de los parámetros físicos no cambian luego de haber sido aplicado el tratamiento.

También se puede evidenciar que los coliformes totales como los coliformes fecales, disminuyeron notoriamente, pero aun así, no cumplen con las normativas vigentes en nuestro país, como es la INEN 1108, y el TULSMA, para agua apta para consumo humano.

Siendo así se llegan a las conclusiones y recomendaciones en el capítulo siguiente.

# CAPITULO V

## 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1.1 CONCLUSIONES.

La comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza**,** utiliza como fuente principal el agua lluvia no tratada para el consumo diario, que es almacenada en recipientes sin ningún mantenimiento ni tratamiento previo al consumo, ocasionando así, una gran cantidad de enfermedades gastrointestinales y cutáneas en los habitantes.

La comunidad de Puerto Santa Ana, está consciente de la necesidad de implementar un sistema de tratamiento de agua, para alcanzar un bienestar colectivo, comprometiéndose a brindar su apoyo en el desarrollo del proyecto.

La aplicación del método SODIS en la escuela de la comunidad de Puerto Santa Ana, obtuvo resultados que están fuera de los límites máximos permisibles, por cuanto las muestras analizadas, no se enmarcan en lo que señalan las normativas INEN 1108 y TULSMA, vigentes en el país para agua apta para consumo humano.

### 5.1.2 RECOMENDACIONES.

Asesorar a los pobladores de la comunidad, acerca de la importancia en manipulación y mantenimiento de las herramientas y equipamiento utilizado para recolección, almacenamiento y disposición del recurso hídrico.

Realizar un mantenimiento permanente a los recolectores y reservorios de agua, de la escuela y de los hogares de la comunidad.

Realizar un segundo estudio cuando las condiciones de manejo y uso del recurso agua se sean viables, y más aún cuando las condiciones climáticas favorezcan a la aplicación de este método propuesto.

# CAPITULO VI

## 6.1 BIBLIOGRAFÍA.


Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente . (2010). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. *GEO4 medio ambiente para el desarrollo*.

B. Sommer, A. Mariño, Y. Solarte*, M. L. Salas*, C. Dierolf*, C. Valiente, D. Mora, R. Rechteisner, P. Setter, W. wirojanagud, H. Ajarameh, A. Al-Hassan and M. Wegelin. (1997). Sodis an Emerging Water Treatment Process. *J Water SRT*, 127-137.

Capelo, A. (1973). *15 de Noviembre: una jornada sangrienta.* Guayaquil: Universidad de California.

CEPAL. (2012). *Diagnóstico de la Estadística del Agua en Ecuador*. QUITO.

Daniel Ma¨usezahl1*, Andri Christen1, Gonzalo Duran Pacheco1, Fidel Alvarez Tellez2, Mercedes Iriarte3,Maria E. Zapata4, Myriam Cevallos1, Jan Hattendorf1, Monica Daigl Cattaneo1, Benjamin Arnold5,Thomas A. Smith1, John M. Colford Jr5. (2009). Solar Drinking Water Disinfection (SODIS) to Reduce Childhood Diarrhoea in Rural Bolivia: A Cluster- Randomized, Controlled Trial. *PLoS Medicine,* 1-13.

Daniel Mausezahl, A. C. (2009). Solar Drinking Water Disinfection (SODIS) to Reduce. *PLOS MEDICINE*.

Escobar, O. D. (2015). *Diagnostico Situacional Comunidad Puerto Santa Ana.* Puyo.

Franziska Bosshard, 1,2 Michael Berney,13 Michael Scheifele,1 Hans-Ulrich Weilenmann1 and Thomas Egli1,2. (2009). Solar disinfection (SODIS) and subsequent dark storage of Salmonella typhimurium and Shigella flexneri monitored by flow cytometry. *Microbiology*, 1310–1317.

GIAI, M. (2013). Evaluación de la enseñanza y efectividad de un método alternativo y económico de potabilización de agua en escuelas rurales de Mendoza (Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 1130-1137.

GIAI, M. (2013). EVALUATION OF EDUCATION AND EFFECTIVENESS OF AN ALTERNATIVE AND ECONOMIC METHOD OF DRINKING WATER IN RURAL SCHOOLS. *Enseñanza y efectividad de un método de potabilización de agua en escuelas rurales*.

Hernández, E. A. (2010). IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LOS SERES VIVOS. *Elementalwatson "la" revista*, 9-15.

INEC - COMISION ESPECIAL INTERINSTITUCIONAL DE ESTADISTICA DE INDICADORES DEL CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 2010. (2010). *Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas.*

MAE. (2015). *ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI TULSMA.*

MAE. (2015). *TULSMA A.M. 097-A.*

Mariana Muñoz-Restrepo a, Leidy Viviana Orrego b, Diana Carolina Muñoz-Arango c, Carlos Neftaly Lozano-Andrade , Diana Carolina Guzman-O. , Maria Cecilia Escobar-Restrepo , Yamilet Arcos-Arango , Néstor Jaime Aguirre-R. , Pierre Lutgen & Roberto Mejia. (2013). Efecto microbicida de la radiación solar (SODIS) combinado con Artemisia annua. *DYNA*, 71-76.

Martel, Q. A. (2012). *ASPECTOS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA.*

NACIONES UNIDAS. (2015). *El agua como objetibo basico de bienestar humano.*

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

Tamayo, E. (20 de Octubre de 1986). Masacre de Aztra: Perdón y olvido. *Semanario Punto de Vista Nº 241*.

Urzúa M, Alfonso; Caqueo-Urízar, Alejandra . (2012). Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto. *Terapia Psicológica*, 61-71 .

Wegelin, R. M. (2003). Desinfeccion Solar del Agua. *Guia de Aplicaciòn - SODIS*.

# CAPITULO VII

## 7.1 ANEXOS.

**ANEXO 1.** Encuesta dirigida a los jefes de familia de la comunidad de Santa Ana - parroquia Madre tierra-Pastaza.

**OBJETIVO:** Recoger información sobre la incidencia del consumo de agua.

Conteste con veracidad las siguientes preguntas:

1.- Indique usted si cuenta la comunidad con agua potable para el consumo humano?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

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

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

3.- .- Indique si su familia utiliza el agua del rio para el consumo diario en los hogares?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

4.- Cuenta usted con tanque reservorio para el almacenamiento del agua?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

5.- Considera que el consumo de agua no tratada provoca enfermedades gastrointestinales en la población?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

6.- Considera que los niños de la comunidad son los más afectados con estas enfermedades por la falta de agua no apta para el consumo humano?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

7.- Considera que el consumo de agua no tratada provoca enfermedades de la piel en la población?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

8.- Considera que en la comunidad debería implementarse un sistema de agua tratada para el consumo humano?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

9.- Considera que mejoraría la calidad de vida de los pobladores si la comunidad contará con agua apta para el consumo humano?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

10.- Cree usted que la población apoyaría la implementación de proyectos de tratamiento del agua que beneficiaría a la comunidad?

SI ( ) NO ( ) EN PARTE ( )

GRACIAS SU COLABORACION

**ANEXO 2.** Proceso SODIS.

**Figura 16.** Manual de desinfección solar del agua, 2003.

**Fuente:** Manual de Desinfección Solar Del Agua, 2003.

**ANEXO 3.** Fotografías de los procesos en el proyecto de investigación: **"Tratamiento de agua mediante el método SODIS, en la comunidad de Puerto Santa Ana, parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza, como una alternativa para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes".**

**Figura 17.** Proceso participativo de socialización en la comunidad de Puerto Santa Ana.

**Figura 18.** Diseño de la estación piloto del método SODIS.

**Figura 19.** Construcción de la estación piloto del método SODIS.

**Figura 20.** Exposición de las botellas de 3000 ml en la estación piloto del método SODIS.

**Figura 21.** Experimentos planteados en la estación piloto del método SODIS.

**Figura 22.** Toma de muestra de agua cruda en la fuente de la escuela de Puerto Santa Ana.

**ANEXO 3.** Resultados de los análisis de calidad de agua. LABCESTTA, 2016.

**Figura 23.** Resultados de la muestra de agua cruda, analizados por el laboratorio CESTTA.

CESTTA
SGC

**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

| | |
|---|---|
| **INFORME DE ENSAYO No:** | 675 |
| **ST:** | 434– 16 ANÁLISIS DE AGUAS |
| **Nombre Peticionario:** | N.A. |
| **Atn.** | Andrés García |
| **Dirección:** | Ceslao Marín y Juan de Velasco<br>Puyo - Pastaza |
| **FECHA:** | 20 de Junio del 2016 |
| **NUMERO DE MUESTRAS:** | 1 |
| **FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** | 2016/06/08 – 09:28 |
| **FECHA DE MUESTREO:** | 2016/06/07 – 19:45 |
| **FECHA DE ANÁLISIS:** | 2016/06/08 – 2016/06/20 |
| **TIPO DE MUESTRA:** | Agua cruda |
| **CÓDIGO LABCESTTA:** | LAB-A 627-16 |
| **CÓDIGO DE LA EMPRESA:** | ACEPSA |
| **PUNTO DE MUESTREO:** | Escuela Comunidad Puerto Santana parroquia Madre Tierra |
| **ANALISIS SOLICITADO:** | Físico-Químico-Microbiológico |
| **PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** | Andrés García |
| **CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** | T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C |

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

| PARÁMETROS | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Tabla 1 | Tabla 7 |
| Arsénico | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,01 | ±22% | 0,01 | - |
| Cromo | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,01 | ±17% | 0,05 | - |
| Plomo | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,005 | ±22% | 0,01 | - |
| Hierro | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,07 | ±17% | - | - |
| Manganeso | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,006 | ±24% | - | - |
| Potencial Hidrógeno | PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-$H^+$ B | Unidades de pH | 5,85 | ±0,2 | - | - |
| Dureza total | PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C | mg/L | <10 | ±31% | - | - |
| Sólidos Totales | PEE/CESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B | mg/L | <100 | ±12% | - | - |
| Sólidos Totales Disueltos | PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C | mg/L | <50 | ±21% | - | - |

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sólidos Suspendidos | PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D | mg/L | <50 | ±20% | - | - |
| Coliformes Totales | PEE/CESTTA/47 Standard Methods No. 9222 B | UFC/100 mL | 7000 | ±20% | - | - |
| Coliformes Fecales | PEE/CESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221 | UFC/100 mL | 2700 | ±20% | - | < 1 ** |
| *Mercurio | EPA245.7/EPA 3015ª | mg/L | <0,001 | - | 0,006 | - |
| Cloruros | PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl⁻ C | mg/L | <10 | ±4% | - | - |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los límites máximos permitidos indicados en la norma NTE INEN 1108. Agua Potable Requisitos. Tabla 1: Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas y Tabla 7: Requisitos microbiológicos. Solicitados por el cliente.
- < 1** significa que no se observan colonias.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

**Dr. Mauricio Alvarez**
**RESPONSABLE TÉCNICO**

CESTTA Investigación & Soluciones
CENTRO DE SERVICIOS TECNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA AMBIENTAL

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

**Figura 24.** Resultados de la muestra de agua tratada, analizados por el laboratorio CESTTA.

CESTTA
SGC

**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

**INFORME DE ENSAYO No:** 675
**ST:** 434– 16 ANÁLISIS DE AGUAS
**Nombre Peticionario:** N.A.
**Atn.** Andrés García
**Dirección:** Ceslao Marín y Juan de Velasco
Puyo - Pastaza

**FECHA:** 20 de Junio del 2016
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2016/06/08 – 09:28
**FECHA DE MUESTREO:** 2016/06/07 – 20:00
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2016/06/08 – 2016/06/20
**TIPO DE MUESTRA:** Agua Tratada
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-A 628-16
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** ATEPSA
**PUNTO DE MUESTREO:** Escuela Comunidad Puerto Santana parroquia Madre Tierra
**ANALISIS SOLICITADO:** Físico-Químico-Microbiológico
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Andrés García
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

| PARÁMETROS | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Tabla 1 | Tabla 7 |
| Arsénico | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,01 | ±22% | 0,01 | - |
| Cromo | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,01 | ±17% | 0,05 | - |
| Plomo | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,005 | ±22% | 0,01 | - |
| Hierro | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | 0,10 | ±17% | - | - |
| Manganeso | PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994 | mg/L | <0,006 | ±24% | - | - |
| Potencial Hidrógeno | PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-$H^+$ B | Unidades de pH | 5,38 | ±0,2 | - | - |
| Dureza total | PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C | mg/L | <10 | ±31% | - | - |
| Sólidos Totales | PEE/CESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B | mg/L | <100 | ±12% | - | - |
| Sólidos Totales Disueltos | PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C | mg/L | <50 | ±21% | - | - |

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sólidos Suspendidos | PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D | mg/L | <50 | ±20% | - | - |
| Coliformes Totales | PEE/CESTTA/47 Standard Methods No. 9222 B | UFC/100 mL | 4000 | ±20% | - | - |
| Coliformes Fecales | PEE/CESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221 | UFC/100 mL | 1900 | ±20% | - | < 1 ** |
| *Mercurio | EPA245.7/EPA 3015ª | mg/L | <0,001 | - | 0,006 | - |
| Cloruros | PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl⁻ C | mg/L | <10 | ±4% | - | - |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los límites máximos permitidos indicados en la norma NTE INEN 1108. Agua Potable Requisitos. Tabla 1: Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas y Tabla 7: Requisitos microbiológicos. Solicitados por el cliente.
- < 1** significa que no se observan colonias.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

**Dr. Mauricio Álvarez**
**RESPONSABLE TÉCNICO**

CESTTA CENTRO DE SERVICIOS TECNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA AMBIENTAL

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

**ANEXO 4.** Normativa legal, límites máximos permisibles.

**Figura 25.** Límites máximos permisibles de parámetros físicos según la norma INEN 1108, V edición.

**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 * | Bg/l | 0,5 |
| Radiación total β ** | Bg/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 radionucleídos: $^{210}Po$, $^{224}Ra$, $^{226}Ra$, $^{232}Th$, $^{234}U$, $^{238}U$, $^{239}Pu$
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: $^{60}Co$, $^{89}Sr$, $^{90}Sr$, $^{129}I$, $^{131}I$, $^{134}Cs$, $^{137}Cs$, $^{210}Pb$, $^{226}Ra$

**TABLA 7. Requisitos Microbiológicos**

| | Máximo |
|---|---|
| Coliformes fecales (1):<br>Tubos múltiples NMP/100 ml ó<br>Filtración por membrana ufc/ 100 ml | <br>< 1,1 *<br>< 1 ** |
| *Cryptosporidium*, número de ooquistes/ litro | Ausencia |

**APÉNDICE Y**
(Informativo)

**Y.1** Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable

**Tabla Y.1**

| POBLACIÓN | NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO |
|---|---|
| < 5 000 | 12 |
| 5 000 – 100 000 | 12 POR CADA 5 000 PERSONAS |
| > 100 000 – 500 000 | 120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS |
| > 500 000 | 600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS |

Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4

**Figura 26.** Límites máximos permisibles para agua para consumo humano según Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) **ACUERDO No. 097-A**

| 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 |
| Me rcuri o | 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 Petroleo | 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. | | | |