

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ambiente y Desarrollo

Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación

**Calidad de agua para consumo y evaluación del Ecofiltro® como
alternativa de tratamiento intradomiciliario en la microcuenca Santa
Inés, Honduras**

Estudiante

Annette Kristina Vásquez Echaverry

Asesores

Erika Tenorio Moncada, M.Sc.

Josué Anibal León, Mtr.

Honduras, noviembre 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora del Departamento de Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Agradecimientos

Agradezco a la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) por proporcionar el financiamiento del proyecto en el marco del Proyecto Fortalecimiento de la Gestión Universitaria frente al Cambio Climático y la Reducción de Riesgo de Desastres. De igual manera le agradezco a la Ingeniera Ninfa Ardon y al Ingeniero Moisés Castellanos por brindarme apoyo en la toma de muestras, la entrega del Ecofiltro® y la realización de encuestas de percepción de calidad de agua a la población que habita en las comunidades de la microcuenca Santa Inés. Le agradezco a la Ingeniera Lourdes Espinal por brindarme apoyo en la realización de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que se analizaron en las muestras de agua provenientes de las comunidades. Finalmente, le agradezco al consejo de la microcuenca Santa Inés y sus directivos por ayudar en las diferentes actividades que se realizaron del proyecto, ya que formaron un papel fundamental para la entrega del tratamiento en las comunidades y para apoyar la comunicación exitosa con las familias que formaron parte del estudio.

Contenido

Resumen.....	9
Introducción.....	11
Materiales y Métodos.....	16
Sitio de Estudio.....	16
Caracterización de la Calidad del Agua de Consumo de las Comunidades de la Microcuenca Santa Inés.....	17
Identificación de Prácticas de Tratamiento de Agua Comunitaria y Domiciliar en las Comunidades de Santa Inés.....	18
Evaluación de la Eficiencia y Aceptación del Ecofiltro® en las Comunidades Atendidas en el Proyecto	19
Resultados y Discusión.....	22
Caracterización de la Calidad del Agua de Consumo de las Comunidades de la Microcuenca Santa Inés.....	22
<i>Parámetros Fisicoquímicos de las Fuentes de Captación y Distribución de las Comunidades</i>	<i>22</i>
Identificación de Prácticas de Tratamiento de Agua Comunitaria y Domiciliar en las Comunidades de Santa Inés.....	28
Evaluación de la Eficiencia y Aceptación del Ecofiltro® en las Comunidades atendidas en el Proyecto	38
<i>Parámetros Fisicoquímicos de las Casas de las Comunidades, Antes y Después del Ecofiltro®</i>	<i>38</i>
<i>Parámetros Bacteriológicos de las Casas de las Comunidades, Antes y Después del Ecofiltro® .</i>	<i>43</i>
<i>Comparación de Turbidez, Coliformes Totales/E. coli del Agua Antes y Después del Tratamiento.....</i>	<i>45</i>

<i>Aceptación del Ecofiltro® en las Comunidades Atendidas en el Proyecto</i>	47
Conclusiones.....	50
Recomendaciones.....	51
Referencias	52
Anexos.....	56

Índice de cuadros

Cuadro 1. Métodos para medir parámetros de calidad de agua.....	17
Cuadro 2. pH registrado en Santa Inés en los últimos 3 años.....	22
Cuadro 3. Percepción de la calidad de agua de los pobladores.....	28
Cuadro 4. Percepción del color y gusto del agua.....	29
Cuadro 5. Percepción de la calidad de agua de los pobladores abastecidos por la obra de captación de Lavanderos.....	31
Cuadro 6. Percepción de la calidad de agua de los pobladores abastecidos por la obra de captación de Santa Rosa.....	32
Cuadro 7. Percepción de la calidad de agua de los pobladores abastecidos por la obra de captación de Santa Inés.....	33
Cuadro 8. Satisfacción de la población del servicio de agua y uso de otras fuentes de agua.....	34
Cuadro 9. Coliformes totales presentes en el agua según su procedencia.....	44
Cuadro 10. Comparación de turbidez con y sin tratamiento.....	46
Cuadro 11. Comparación de coliformes totales con y sin tratamiento.....	46
Cuadro 12. Comparación de <i>E. coli</i> con y sin tratamiento.....	47
Cuadro 13. Percepción de la calidad de agua proveniente del Ecofiltro®.....	48

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Microcuenca Santa Inés.....	16
Figura 2. Esquema de clasificación de las preguntas realizadas en la encuesta.....	17
Figura 3. Ubicación de los lugares muestreados.....	19
Figura 4. pH en el agua de las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo.....	23
Figura 5. Turbidez en el agua de las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo.....	24
Figura 6. Conductividad eléctrica en el agua de las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo.....	25
Figura 7. Coliformes Totales presentes en las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo.....	26
Figura 8. <i>E. coli</i> presente en las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo.....	27
Figura 9. Coliformes fecales registrados en Santa Inés en los últimos tres años.....	28
Figura 10. pH en el agua según su procedencia.....	39
Figura 11. Turbidez en el agua según su procedencia.....	40
Figura 12. Sólidos disueltos totales en el agua según su procedencia.....	41
Figura 13. Conductividad eléctrica del agua según su procedencia.....	42
Figura 14. <i>E. coli</i> presente en el agua según su procedencia.....	45

Índice de Anexos

Anexo A. Encuesta de percepción de calidad de agua.....	56
Anexo B. Turbiedad registrada en Santa Inés en los últimos 3 años	61
Anexo C. Encuesta de aceptación del Ecofiltro®	62
Anexo D. Presencia y frecuencia de enfermedades estomacales en la población.....	65
Anexo E. Tipos de tratamientos y preferencias	66
Anexo F. Prácticas de almacenamiento	67
Anexo G. Interés en adquirir un Ecofiltro® y accesibilidad de realizar muestras en su domicilio	68

Resumen

La microcuenca Santa Inés abastece de agua para consumo a seis comunidades, sin embargo, a la fecha no se cuenta con tratamiento comunitario del agua, por lo que, es importante identificar los riesgos a la salud y buscar alternativas para el tratamiento del agua en el corto plazo. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos en obras de captación, tanques de almacenamiento y conexiones domiciliarias para identificar amenazas. Se proporcionó una alternativa de tratamiento intradomiciliar (Ecofiltro®) a 150 viviendas y se evaluaron indicadores de contaminación fecal en 30 viviendas seleccionadas en 6 comunidades previo al tratamiento, post-tratamiento y en recipientes de almacenamiento. Adicionalmente se encuestaron a cincuenta y nueve pobladores para identificar la percepción de calidad del agua que reciben y cuatro meses después se determinó la aceptación preliminar del Ecofiltro®. El análisis de parámetros básicos de la normativa nacional reveló que el agua requiere tratamiento previo a su consumo. El Ecofiltro® disminuyó los parámetros coliformes totales/*Escherichia coli* (*E. coli*) y turbiedad en el agua en el 93% de las viviendas evaluadas, sin embargo, casos de recontaminación se identificaron en dos viviendas. Los pobladores afirmaron no tener una buena calidad de agua y los tratamientos más utilizados son cloración y filtración. La tecnología tiene una aceptación preliminar favorable del tratamiento intradomiciliar debido a que 100% los beneficiarios consultados (39% de los que recibieron la tecnología) afirmaron que el Ecofiltro® mejora la calidad de agua y que se utiliza diario. Además, no han identificado ningún problema asociado al uso de la tecnología.

Palabras claves: Agua, comunidades, desinfección, turbiedad, tratamiento.

Abstract

The Santa Inés micro-basin supplies drinking water to six communities, however, to date there is no community water treatment, so it is important to identify health risks and look for alternatives for water treatment in the short term. Physico-chemical and microbiological analysis were carried out in catchment systems, storage tanks and household connections to identify threats. An indoor treatment alternative (Ecofiltro®) was provided to 150 homes and indicators of fecal contamination were evaluated in 30 selected homes in 6 communities prior to treatment, post-treatment and in storage containers. Additionally, fifty-nine residents were surveyed to identify their perception of the quality of water received and four months later the acceptance of the Ecofiltro® was determined. The analysis of basic parameters revealed that water requires treatment prior to consumption. The Ecofiltro® decreased the total coliform/ *Escherichia coli* (*E. coli*) parameters and turbidity in the water in 93% of the homes evaluated; however, cases of recontamination were identified in two homes. The villagers affirmed that they do not have good raw water quality and the most used treatments before consumption are chlorination and filtration. The Ecofiltro® has a favorable preliminary acceptance of indoor treatment because 100% of the beneficiaries consulted (39% of those who received the technology) affirmed that Ecofiltro® improves water quality and that it is used every day. In addition, the technology and the residents have not presented any problem when using it.

Keywords: Communities, disinfection, technology, turbidity, water.

Introducción

La mayoría de las fuentes de agua superficiales requieren tratamientos antes de ser utilizadas, debido a que son muy vulnerables a diferentes contaminantes, por lo tanto, necesitan ser tratados para garantizar su seguridad (Hilleboe, 2012). Aún en escenarios donde las condiciones de cobertura y manejo de cuencas son óptimas, se requiere de vigilancia y tratamientos para erradicar organismos patógenos que pueden entrar en contacto con el agua previo a su consumo. Este tipo de tratamiento, se conoce como **desinfección**. La salud puede verse comprometida cuando bacterias, virus o parásitos perniciosos contaminan el agua potable en la fuente misma, por infiltración del agua de escorrentía contaminada (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2007). Las personas que viven en zonas rurales comúnmente para suplir sus necesidades básicas realizan trabajos de agricultura, ganadería, tala de árboles, entre otros. Los desechos que provocan estas prácticas pueden tener repercusiones en la fuente de agua si se practican en áreas que formen parte de su zona de recarga hídrica o se encuentran ubicadas aguas arriba del punto de captación de agua.

El agua cambia su apariencia física según los impactos del entorno que modifican algunos parámetros como el color, turbidez y sólidos, por lo tanto, si se encuentran en cantidades muy altas, el agua no es consumida por las personas, ya que se percibe suciedad. Se demanda mejor calidad de agua cuando es utilizada para consumo o para realizar tareas domésticas, debido a que puede tener repercusiones graves para las personas si el agua presenta una alta carga de contaminantes. Los cambios en el aspecto, olor y sabor del agua de consumo de un sistema de abastecimiento pueden indicar cambios en la calidad del agua cruda o sin tratar (OMS, 2006).

El agua que se utiliza para el consumo de la población debe recibir el grado máximo de protección sanitaria (Romero, 2009). Para que el agua sea apta para consumo se deben cumplir ciertas regulaciones que establece cada país y la calidad se verifica mediante el cumplimiento de límites máximos permisibles de concentraciones de algunos contaminantes o sustancias que pueden representar un riesgo a la salud o generar problemas estéticos al consumidor.

En el año 2015, un 65% de la población de Latinoamérica tenía acceso a servicios de suministro de agua gestionados de manera segura y un 31%, a servicio básico (Peña et al., 2019). Esto significa que una gran parte de la población, principalmente de áreas rurales, no tiene acceso a servicios de agua. En el año 2019, datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Honduras (INE) expresan que el 11.6% de las viviendas no cuentan con un servicio adecuado de agua, además en el área rural solo el 79.4% de la población tiene accesos a servicios de agua y el 5.5% utiliza agua proveniente de ríos, quebradas, lagunas entre otras fuentes naturales. Por lo tanto, el mayor problema de abastecimiento de agua se encuentra en las zonas rurales, ya que en las zonas urbanas el agua llega al 95.3% de la población (Barahona, 2021).

Las enfermedades relacionadas con el agua, saneamiento e higiene son causadas por patógenos de las heces fecales que entran en contacto con el agua de consumo. La forma más común de contaminación es a través de la ingestión, ya sea bebiendo agua contaminada o por consumir alimentos lavados en agua infectada (Pure Water for the World, 2016). Para controlar los reiterados episodios de diarrea presentes en niños del sector rural hondureño es necesario intervenir sobre las condiciones de vida, como son la disposición de agua potable y redes sanitarias. En algunos municipios de Honduras las tasas de mayor incidencia de ciertas enfermedades están relacionadas con patrones de higiene en hogares que carecen de agua potable, servicio sanitario, entre otras (Pinel, 2005).

La turbidez, el olor y el sabor del agua se pueden detectar fácilmente por las personas, pero otros parámetros necesitan análisis de laboratorio y pueden causar daño a las personas que lo consumen (OMS, 2006). Las regulaciones de las características del agua se establecieron para evitar las enfermedades causadas por el consumo de agua contaminada y para satisfacer las demandas del consumidor. Abastecer las comunidades con agua proveniente de ríos sin ningún tratamiento puede tener repercusiones negativas en su estado de salud. El acceso a agua potable y saneamiento contribuye de forma decisiva al desarrollo humano, con efectos sobre la educación, alimentación y salud (Rozas, 2011).

La descontaminación del agua es de gran importancia ya que evita la exposición de la población a brotes de enfermedades intestinales y otras infecciosas. Es necesario evitar las enfermedades transmitidas por el agua de consumo, debido a que son capaces de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, potencialmente, a una gran proporción de la comunidad (OMS, 2006).

Uno de los tratamientos más sencillos e importantes en el suministro de agua es la desinfección. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro. La cloración tiene una eficacia limitada frente a los protozoos patógenos y frente a algunos virus. Adicionalmente, turbiedad elevada en el agua puede reducir los efectos de la desinfección (OMS, 2006). Para implementar cualquier tratamiento se debe tomar en cuenta los cambios en las características organolépticas del agua que se producen para evitar que los pobladores disminuyan su consumo de agua (Organización Panamericana de la Salud [OPS] y OMS, 2014).

Existen varios tratamientos para mejorar la calidad de agua, entre ellos se encuentra el asentamiento, filtración y desinfección, donde los últimos dos métodos se pueden utilizar a nivel comunitario (Conant, 2005). En algunos lugares incluso se utilizan como un proceso básico de tratamiento del agua: la sedimentación, la filtración y la desinfección. Se diferencian en la escala de los sistemas utilizados por los individuos y las comunidades (Calgary, 2011). A nivel domiciliario se pueden utilizar más tratamientos como son filtración lenta en arena, desinfección por cloración, ebullición, filtro bioarena y filtros de arcilla o cerámica (Centro de Agua y Saneamiento Ambiental, 2008).

El filtro de arcilla con revestimiento de plata coloidal es un método que consta de un recipiente filtrante de arcilla mezclada con aserrín y bañado en solución de plata coloidal, presenta una granulometría determinada que le confiere la porosidad adecuada para el proceso de filtración, lo cual combina el método de desinfección y filtración (Arteaga, 2018). La solución de plata coloidal tiene la función de inhibir la actividad estructural y enzimática de proteínas del transporte de

electrones de las bacterias y matarlas (Coutiño et al., 2010), lo cual sirve como método de desinfección. El Ecofiltro® es una marca comercial que contiene la unidad filtrante con poros de 0.3-0.5 micras y un recipiente que tiene la función de recolectar el agua filtrada con su respectiva tapadera. El filtro está en capacidad de brindar un promedio de 1 a 2 litros de agua potable por hora (Macario, 2015).

La microcuenca Santa Inés es un área de suma importancia, debido a que la fuente de agua es utilizada para uso doméstico y de riego. Esta abastece a seis comunidades y la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. A pesar de que existe una buena oferta de agua por parte de la fuente hídrica, las comunidades no aplican ningún tratamiento de agua para consumirla. Por tanto, es necesario analizar la calidad de agua que llega a las viviendas abastecidas para determinar si este es un factor que puede provocar consecuencias en el desarrollo y salud de la población.

En el año 2010 se realizó un estudio que se encargó de contabilizar los macroinvertebrados presentes en la quebrada Santa Inés, los cuales representan un indicador del estado en el que se encuentra el agua. Se identificó la abundancia del orden de macroinvertebrado Ephemeroptera muy frecuente en los ríos; en segundo lugar, con respecto a la cantidad se encontró una especie que es considerada como filtrador de agua. Los organismos que habitan a lo largo de la fuente de agua pueden ser utilizados para monitorear las alteraciones del ecosistema, lo cual representa otra forma de obtener conocimiento acerca de la salud que presenta la fuente hídrica estudiada (López et al., 2012). Sin embargo, para obtener un perfil más completo acerca de las características del agua presente es necesario un análisis físico químico y bacteriológico.

En el 2015 se realizó otro estudio que consistió en la evaluación de la exportación de sólidos y nutrientes de dos tributarios de la microcuenca Santa Inés, en donde se comparó los parámetros de calidad de agua, se cuantificó las cantidades de sólidos y nutrientes exportados. Se comprobó que factores como la pendiente, usos y coberturas, suelos y red vial influyen sobre la calidad del agua, sin embargo, las pérdidas de sólidos totales y nutrientes dependen del caudal específico que generaron las microcuencas (González, 2015).

Analizar el agua presente en los sistemas comunitarios en la microcuenca Santa Inés ubicada en Honduras, ayuda a tener un mejor conocimiento de las características del agua que se consume y los potenciales riesgos asociados a este consumo. Como parte de un proyecto con fondos de la Cooperación Suiza para el Desarrollo, la universidad Zamorano implementa acciones para abordar de forma integral la gestión del agua en la microcuenca Santa Inés, lo cual forma parte de las actividades desarrolladas en coordinación con el Consejo de la Microcuenca. Una de las actividades incluyó la distribución del Ecofiltro®, sin embargo, es necesario estudiar la aceptación de la población a la nueva tecnología, su eficiencia y los factores que influyen en su funcionamiento óptimo. Los objetivos del presente estudio son:

Caracterizar el agua de consumo de las comunidades abastecidas por la microcuenca Santa Inés y la percepción comunitaria de dicha calidad.

Identificar prácticas de tratamiento de agua comunitario y domiciliar en las comunidades de Santa Inés.

Evaluar la eficiencia y aceptación del Ecofiltro® en las comunidades participantes en el proyecto.

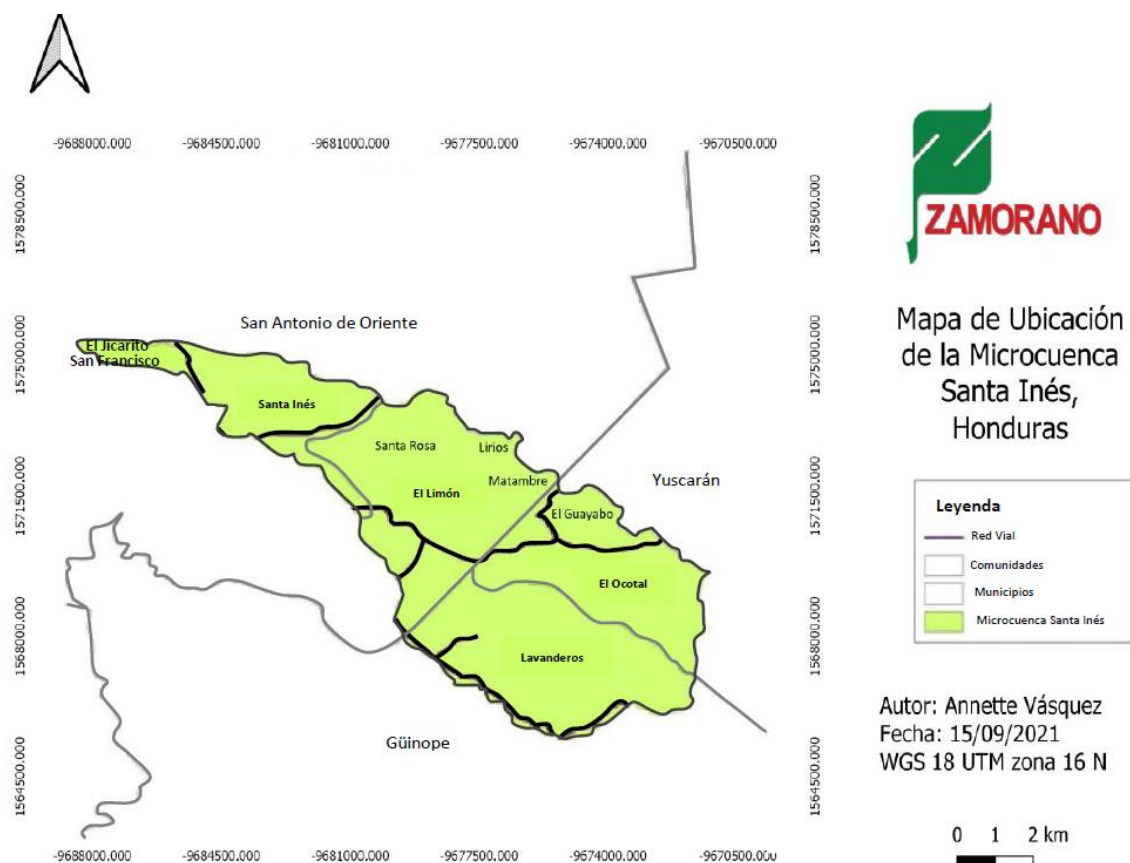
Materiales y Métodos

Sitio de Estudio

La microcuenca se encuentra específicamente en los municipios de Güinope, Yuscarán y San Antonio de Oriente y cuenta con un área de 1,906 ha. En la microcuenca se encuentran seis comunidades: Lavanderos, El Guayabo, Santa Inés, Santa Rosa, Los Lirios y Matahambre (Aguilar, 2016). Los sistemas de captación y distribución de agua varían según la comunidad a la que abastece. Santa Rosa, Lavanderos y Santa Inés cuentan con tanques de almacenamiento y distribución de agua. La comunidad de El Guayabo tiene una población de 58 habitantes, Matahambre de 28 y los Lirios de 34 (Instituto Nacional de Estadística, 2013), siendo las más pequeñas, por lo tanto, no cuentan con tanques de almacenamiento de agua ni obras de captación (Huezo, 2011). Las comunidades se abastecen del 18% del caudal total de la microcuenca, las cuales son Santa Inés, Santa Rosa, El Guayabo, Los Lirios y Matahambre (Huezo, 2011).

Figura 1

Ubicación de la Microcuenca Santa Inés



Caracterización de la Calidad del Agua de Consumo de las Comunidades de la Microcuenca Santa Inés

Se obtuvieron registros de monitoreo de calidad de agua de Santa Inés de la Dirección de Planta Física de Zamorano durante el periodo de 2018-2020. Se recolectaron muestras puntuales de agua en las obras de captación y en los tanques de almacenamiento de las comunidades de Santa Inés, Santa Rosa y Lavanderos en los meses de julio y agosto. Las muestras se recogieron en frascos plásticos estériles debidamente rotulados y se trasladaron por medio de hieleras con refrigerantes al laboratorio, manteniendo una temperatura de 10 °C para su posterior análisis fisicoquímico, el cual se realizó el mismo día que ingreso al laboratorio.

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Ambiente y Desarrollo de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Las características que presentó el agua muestreada se compararon con los parámetros de la Norma de Calidad de agua para uso doméstico de Honduras. Los valores de temperatura, conductividad y pH de la muestra de agua recolectada se obtuvieron en el laboratorio, por medio de un multiparámetro serie 35 marca “Oakton®”. La turbidez del agua se midió en el laboratorio por medio de un turbidímetro marca “Hach®”. Un resumen de los parámetros fisicoquímicos analizados se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Parámetros y métodos para medir calidad de agua

Parámetro	Unidad	Equipo
Turbidez	UNT	Nefelómetro o Turbidímetro “Hach®”
Conductividad eléctrica	μS/cm	Multiparámetro “Oakton®”
Salinidad	PPT	Multiparámetro “Oakton®”
Temperatura	°C	Multiparámetro “Oakton®”
Coliformes totales/ <i>E. coli</i>	mg/L	Incubadora “ThermoScientific®” Colilert-18
pH	Unidades de pH	Bandejas Quanti-Tray Multiparámetro “Oakton®”
Sólidos disueltos totales	PPM	Multiparámetro “Oakton®”

Se realizaron análisis de coliformes totales y *E. coli* el mismo día de la recolección de muestras. Se trasladaron en neveras con refrigerantes al laboratorio, manteniendo una temperatura de 10°C. Se obtuvieron 100 ml de agua en bolsas estériles “Whirl-Pak”. Primero, se añadió el reactivo “Colilert-18” a la muestra y se agitó suavemente hasta disolver, se agregó la mezcla a la bandeja “Quanti-Tray” para colocarla en el molde de goma que se introdujo al sellador del proveedor. Se incubó la bandeja sellada durante 24 horas a 44 °C, por medio de una incubadora “ThermoScientific®”.

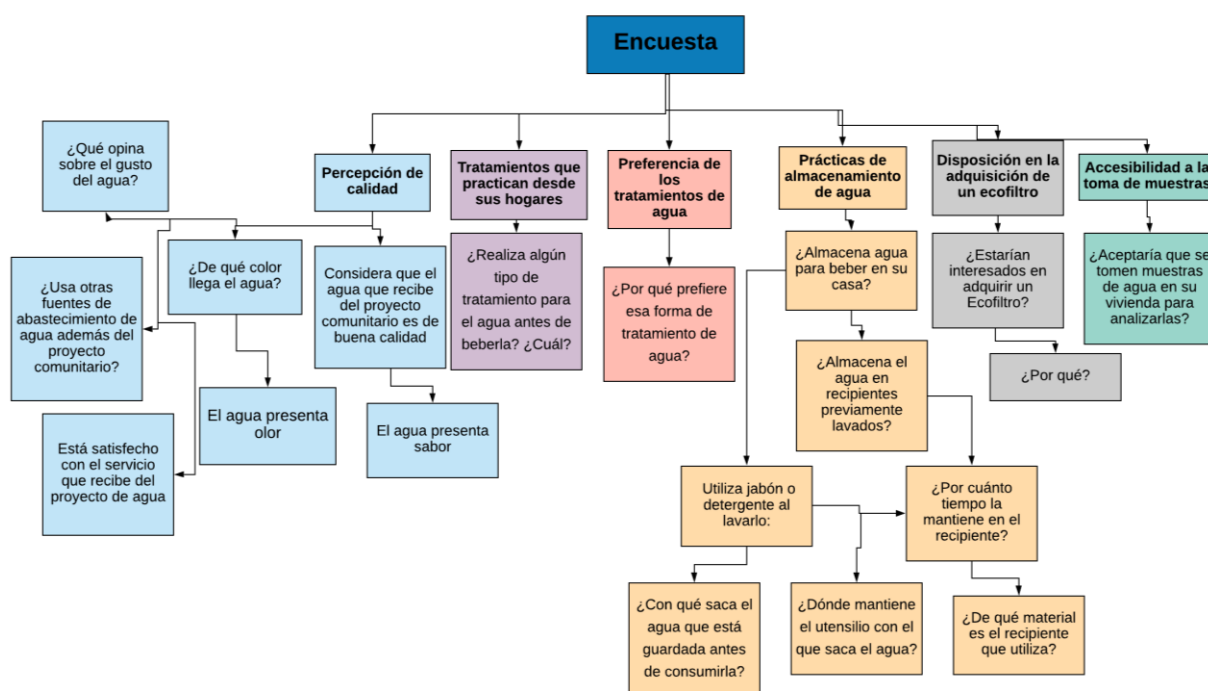
El positivo de bacterias coliformes se identificó luego de un cambio de coloración de transparente a amarillo. La fluorescencia en las celdas bajo luz ultravioleta se reporta positivo para *E. coli*. Se determinó el número de bacterias, a través del método del número más probable que viene acompañado por el reactivo (Iddex, 2021). Para el análisis de resultados se hizo un estudio descriptivo de cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las obras de captación y distribución de las comunidades.

Identificación de Prácticas de Tratamiento de Agua Comunitaria y Domiciliar en las Comunidades de Santa Inés

Se realizó el muestreo de familias en las comunidades de Santa Inés, Santa Rosa, El Guayabo, Los Lirios, Matambre y Lavanderos, las cuales son abastecidas por la fuente de Santa Inés en los meses de junio y julio. Se seleccionaron 59 familias por el método de conveniencia, en donde se utilizaron los criterios de mayor cantidad de niños menores de 5 años. Se entrevistó a cada una de las familias mediante llamada telefónica o de manera presencial, con el fin de identificar la percepción de calidad que presentan los pobladores del agua que reciben, las razones de preferencia de estos tratamientos, las prácticas de almacenamiento de agua, los tratamientos que practican desde sus hogares. Además, se consultó sobre el interés de adquirir un Ecofiltro® y la accesibilidad a la toma de muestras en su vivienda (Anexo A). Por medio de una prueba estadística Chi-cuadrado con nivel de significancia de 0.05, se identificó la relación que existe entre las variables de percepción de calidad de agua, enfermedades gastrointestinales, características sensoriales del agua y uso de otras fuentes de agua, dicha prueba se realizó con el programa “InfoStat®” versión 2020I.

Figura 2

Esquema de clasificación de las preguntas realizadas en la encuesta



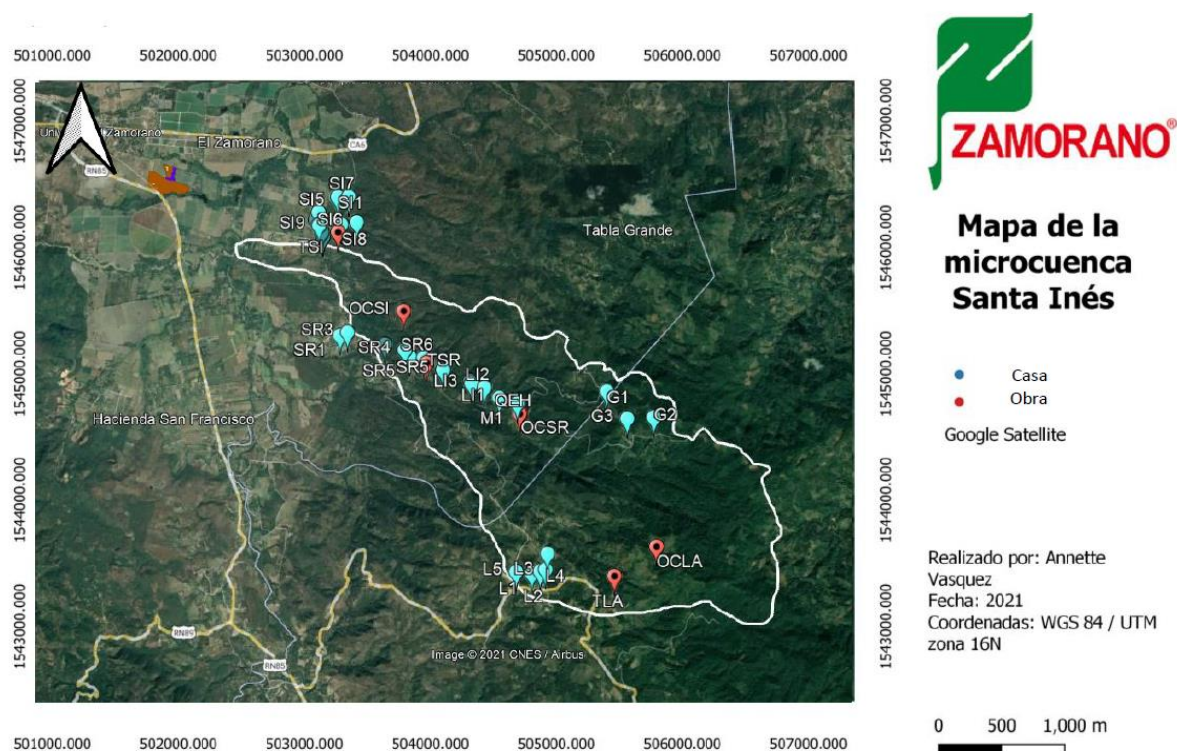
Evaluación de la Eficiencia y Aceptación del Ecofiltro® en las Comunidades Atendidas en el Proyecto

Se recogieron muestras puntuales provenientes de la conexión domiciliaria en llave, del Ecofiltro® y del recipiente de almacenamiento en las casas de las comunidades que se encuentran en la parte alta y media de la microcuenca con el fin de caracterizar el agua en distintos puntos de la zona, en los meses de julio y agosto (Figura 2). El Ecofiltro® fue entregado a 150 familias por parte del proyecto implementado por Zamorano. Se utilizaron los criterios de mayor cantidad de niños menores de 5 años, haber participado en proyectos previos de estufas mejoradas o de paneles solares, interés en prácticas individuales para mejorar la calidad como el hervir agua antes de consumir y la compra de agua ocasionalmente. Adicionalmente se les dio una capacitación acerca del uso, limpieza y mantenimiento que debería tener el filtro a lo largo de su vida útil. Las muestras se recolectaron en frascos plásticos estériles rotulados y se trasladaron por medio de hieleras con refrigerantes al laboratorio, manteniendo una temperatura de 10 °C para su posterior análisis fisicoquímico, el cual se realizó el mismo día que ingreso al laboratorio. Se realizaron tres muestreos en 30 viviendas ubicadas

en las comunidades de Santa Inés, Santa Rosa, El Guayabo, Lavanderos, Los Lirios y Matahambre. Las viviendas fueron seleccionadas entre las 150 familias que recibieron el Ecofiltro® en donde se utilizó como criterio la presencia de niños menores de 5 años.

Figura 3

Ubicación de las obras de captación, tanques de almacenamiento y casas muestreadas



Las características que presentó el agua muestreada se compararon con los parámetros de la Norma de Calidad de agua para uso doméstico de Honduras. Se realizaron análisis de Coliformes totales y *E. coli* el mismo día de la recolección de muestras. Se trasladaron en neveras con refrigerantes al laboratorio, manteniendo una temperatura de 10°C. Se obtuvieron 100 ml de agua en bolsas estériles “Whirl-Pak” y se realizó el método de “Colilert-18” a la muestra.

Para el análisis de resultados se hizo un estudio descriptivo de cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de los diferentes hogares que se recolectaron muestras. Por otro lado, se realizó una prueba no paramétrica estadística Wilcoxon con nivel de significancia de 0.05 para

comparar los datos de turbidez, coliformes totales/*E. coli* antes y después del Ecofiltro[®], por medio del programa “InfoStat[®]” versión 2020I.

Se entrevistaron nuevamente a las 59 familias seleccionadas anteriormente después de 4 meses de haber recibido el Ecofiltro[®] en la segunda semana de octubre 2021 por vía telefónica. Con el objetivo de observar el grado de aceptación y el uso de la nueva tecnología brindada, así como obstáculos identificados y percepción del agua tratada. Se les realizó preguntas acerca de las características sensoriales del agua post-tratamiento, los manejos brindados al filtro y su percepción de satisfacción de la tecnología (Anexo B).

Resultados y Discusión

Caracterización de la Calidad del Agua de Consumo de las Comunidades de la Microcuenca Santa

Inés

Parámetros Fisicoquímicos de las Fuentes de Captación y Distribución de las Comunidades

Potencial de Hidrógeno (pH).

Los datos de las fuentes de distribución y captación se encontraron en su mayoría dentro del rango establecido por la Norma de Calidad de agua de Honduras, que comprende las unidades pH de 6 – 9 (Figura 4). Sin embargo, el tanque y la obra de captación que abastece a la comunidad de Lavanderos se encuentra bajo el límite con un pH cercano al 6, esto se debe a que se abastece de una diferente fuente de agua y ya que no recibe ningún tratamiento, el pH bajo es una característica inherente de la fuente. El agua con un valor menor de 6 presenta características corrosivas debido al anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución, por lo que podría afectar la construcción donde se mantiene (OPS y OMS, 2012). Los resultados registrados por Planta Física en los últimos 3 años en la microcuenca Santa Inés demuestran que los valores no son superiores a 7.74 (Cuadro 2), por lo que, son similares a los encontrados en la obra de captación y tanque de las comunidades de Santa Inés y Santa Rosa.

Cuadro 2

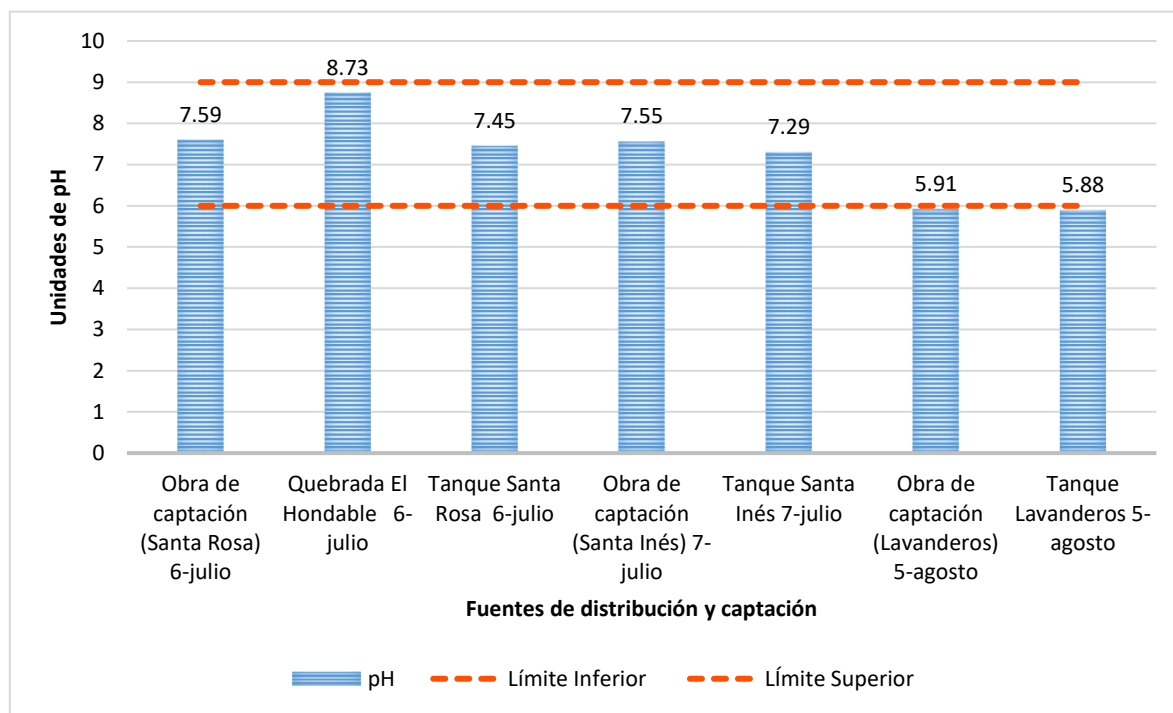
pH registrado en Santa Inés en los últimos 3 años.

Fecha	pH Unidades de pH
Octubre 2019	7.32
Febrero 2020	7.24
Junio 2020	7.48
Julio 2020	7.74
Septiembre 2020	7.4
Octubre 2020	7.24
Noviembre 2020	7.32
Enero 2021	7.46
Abril 2021	7.41

Nota. Tomado de Zamorano (2021)

Figura 4

pH en el agua de las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo.



Turbiedad.

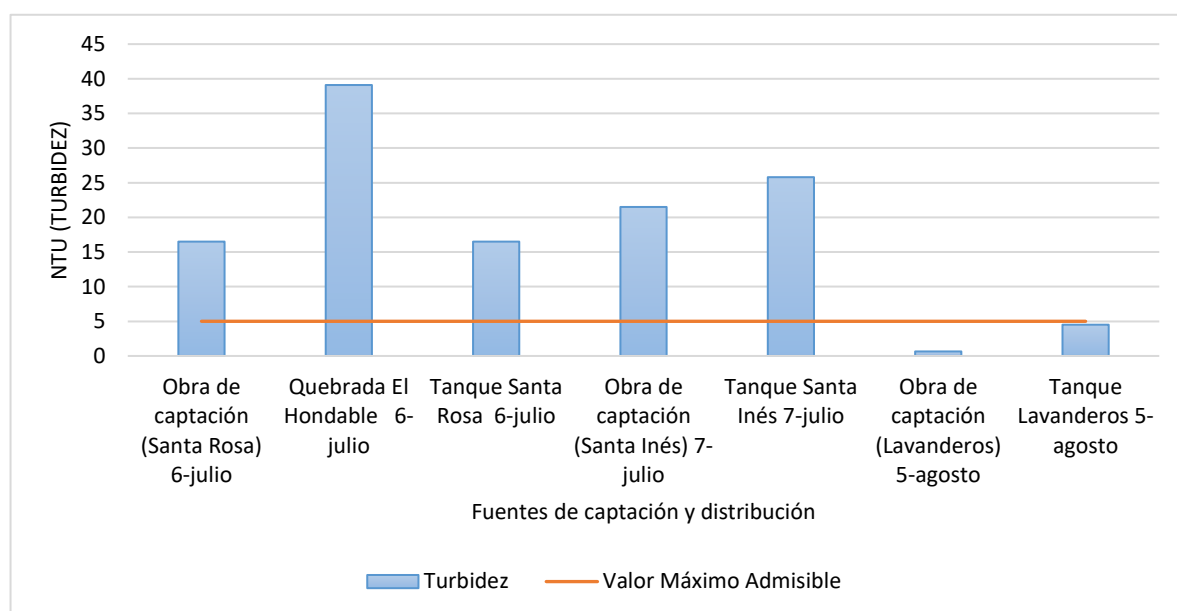
Los resultados de las fuentes de captación y distribución estuvieron fuera del límite establecido por la Norma de Calidad de agua de Honduras, exceptuando la obra de captación y distribución de la comunidad Lavanderos (Figura 5). Esto se debe a que la fuente de agua que abastece la comunidad de Lavanderos es un manantial. Los suministros de agua basados en manantiales se consideran una fuente privilegiada, porque el agua generalmente tiene una alta calidad natural (Smet y van Wijk, 2002). También, al ser una fuente subterránea resulta menos vulnerable a la contaminación que las fuentes superficiales.

La quebrada de El Hondable presenta un valor cercano a 40 Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU), siendo el mayor, esta cifra concuerda con un estudio hecho en el año 2015 en donde la quebrada de los Anteojos tributario de la quebrada El Hondable presentó valores desde 11- 82 NTU. A pesar que el bosque de coníferas (48%) es la cobertura vegetal predominante en la zona donde se

encuentra la quebrada de El Hondable, el uso agropecuario (45%) es el segundo más importante y las actividades agrícolas que se realizan son en laderas sin prácticas de conservación de suelos (González, 2015) por lo que, esto puede influir en el aumento de la turbidez, ya que puede existir mayor arrastre de sólidos que en las otras obras. Adicionalmente, en el mes de julio hubo precipitaciones moderadas, lo que pudo afectar las muestras provenientes de las obras y tanques realizadas en este mes.

Figura 5

Turbidez en el agua de las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo



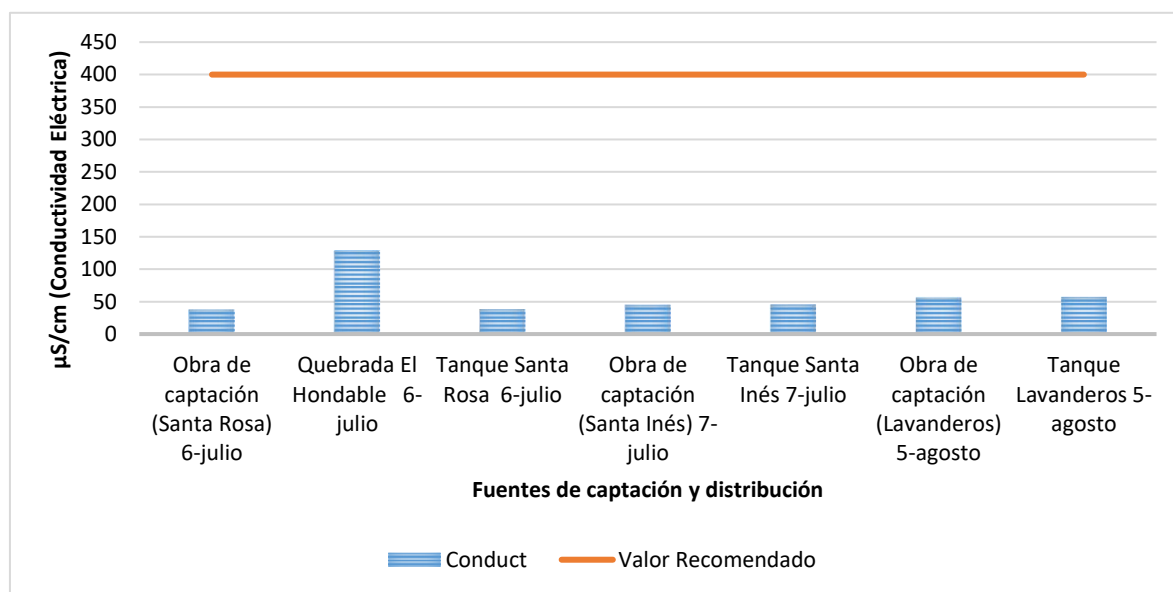
Conductividad Eléctrica.

Las fuentes de distribución y captación de las comunidades analizadas no presentan valores cercanos al establecido por la Norma de Calidad de agua de Honduras (Figura 6). La quebrada El Hondable presenta valores de 128.7 microSiemens/centimetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Sin embargo, en un estudio realizado en el 2015 en la quebrada los Anteojos tributario de la quebrada El Hondable presentó como valor máximo 75.22 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De igual manera, el valor obtenido se considera normal para aguas naturales, puesto que las concentraciones son menores a 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (González, 2015). La conductividad eléctrica está vinculada a los sólidos disueltos totales, por lo que un alto valor de estos provocaría que la luz no llegue a la vegetación sumergida, ralentizando la fotosíntesis. Si la luz está

completamente bloqueada las plantas ubicadas en el fondo dejarán de producir oxígeno y morirán. También, puede causar un aumento en la temperatura del agua superficial dañando la vida acuática de muchas otras formas (Murphy, 2007). A pesar de esto, las cantidades no son tan altas para dañar la vida acuática ni para ser no aptas para consumo humano.

Figura 6

Conductividad eléctrica en el agua de las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo



Parámetros Bacteriológicos de las Casas de las Fuentes de Captación y Distribución de las Comunidades

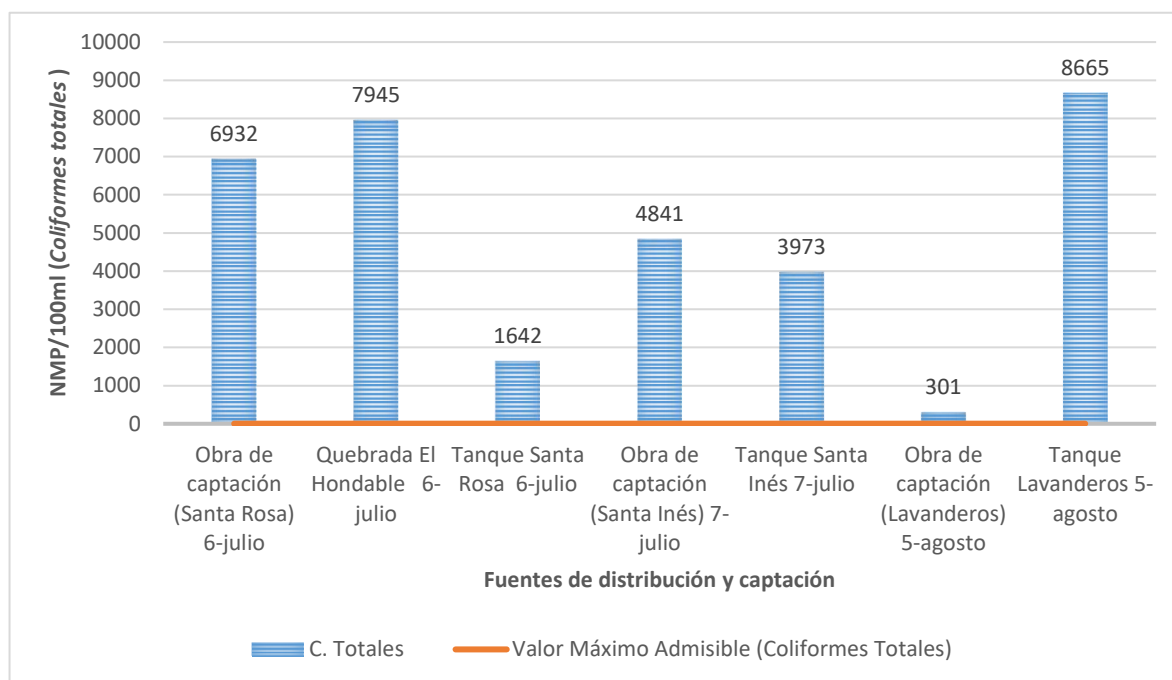
Coliformes Totales/*E. coli*.

El agua analizada proveniente de las obras de captación y distribución presentó altos valores de coliformes totales y *E. coli*, exceptuando la ubicada en la comunidad de Lavanderos. Los resultados se deben a que los sistemas actuales de las comunidades no reciben ningún tratamiento previo, solo se realiza la recolección, almacenamiento y distribución del agua por medio de obras. La fuente de agua que abastece estas comunidades es de tipo superficial, por lo que necesita un tratamiento para que pueda ser apta de consumo humano. Adicionalmente, las fuentes superficiales son más

vulnerables a la contaminación de agentes externos, por lo que, comúnmente se les brinda un plan de manejo integrado, para reducir los diferentes factores que aumentan el problema (Hilleboe, 2012).

Figura 7

Coliformes totales presentes en las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo



Todas las fuentes de distribución y captación de las comunidades presentaron rangos elevados de coliformes totales (Figura 7). También se identificaron altos valores de *E. coli*, exceptuando por el tanque perteneciente a la comunidad de Lavanderos (Figura 8). Sin embargo, valores recolectados en los últimos tres años demuestran que Santa Inés puede llegar a tener coliformes fecales más elevados llegando hasta 400 unidades formadoras de colonias por 100 mililitro (Figura 9). El agua presente en el tanque de Lavanderos tiene cantidades más altas de coliformes totales que la obra de captación, lo que se debe a posibles contaminantes en las tuberías de transporte, ya que no tienen muy buen estado. Además, influyen las actividades que se practican a los alrededores, debido a que se pueden producir desechos orgánicos los cuales se pueden infiltrar por el suelo y así contaminarse (Cardenas y Patiño, 2010). Adicionalmente, ocurre el caso opuesto en la obra

de captación y tanque de Santa Rosa, en donde se presentan cantidades más elevadas de coliformes totales en la obra, lo que se debe a que la infraestructura tiene mucho deterioro. También hubo precipitación moderada en días anteriores, lo cual, pudo amentar la contaminación en la obra de captación por medio de la escorrentía.

Figura 8

Escherichia coli presente en las fuentes de distribución y captación de las comunidades en las fechas de muestreo

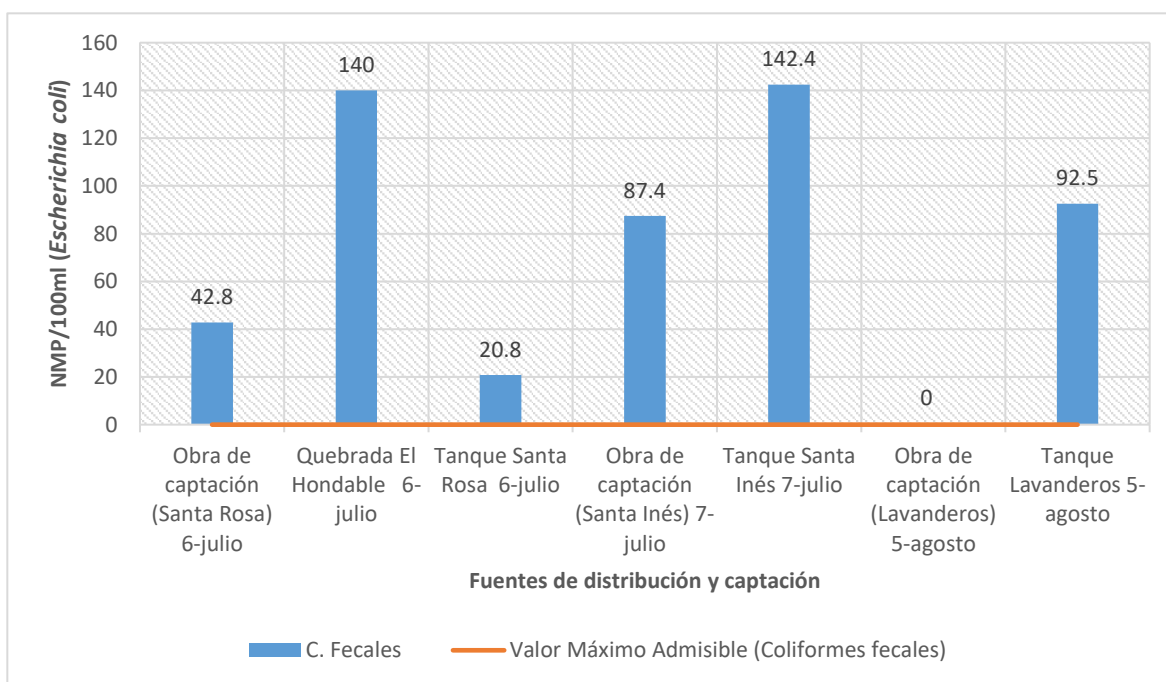
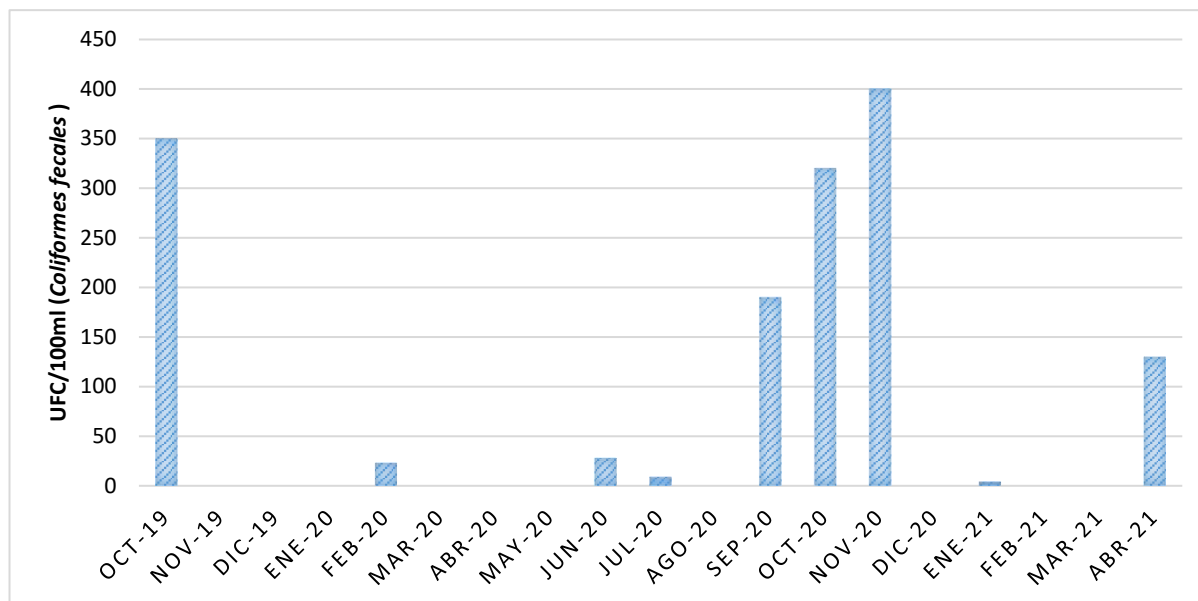


Figura 9

Coliformes fecales registrados en Santa Inés en los últimos tres años



Nota. Tomado de Zamorano (2021)

Identificación de Prácticas de Tratamiento de Agua Comunitaria y Domiciliar en las Comunidades de Santa Inés

El 86.4% de personas encuestadas de las comunidades fueron de sexo femenino, con un total de 51 mujeres y 8 hombres. La ocupación principal fue ama de casa, por otro lado, el 62.7% de los pobladores completó la educación primaria. En cuanto al estado civil la mayoría de pobladores seleccionaron la unión libre con una cantidad de 29 personas. En las casas donde se realizaron las encuestas, la población predominante en las familias son los adultos con un total de 59, seguido por niños con una cantidad de 39.

Cuadro 3

Percepción de la calidad de agua de los pobladores

Pregunta	Si	No
¿Considera que el agua que recibe del proyecto comunitario es de buena calidad?	27 (45.8%)	31 (52.5%)
El agua presenta olor	12 (20.3%)	46 (78%)
El agua presenta sabor	14 (23.7%)	44 (74.6%)

Los abastecimientos que utilizan los pobladores deben ser saludables y de buen sabor. Si el agua no atrae a los sentidos de la vista, olfato y gusto, la gente la evitará, bebiendo cantidades insuficientes (Fair et al., 2013). Es importante conocer la percepción que tiene la población acerca de la calidad del agua que recibe para evitar que consuma cantidades insuficientes. La mayoría de las personas encuestadas afirmaron que no reciben una buena calidad de agua con un 52.5% (Cuadro 3). La razón principal que brindaron los habitantes es que el agua llega sucia o contaminada.

Cuadro 4

Percepción del color y gusto del agua

Pregunta	Café	Amarilla	Casi sin color	Sin color
¿De qué color llega el agua?	23 (39%)	7 (11.9%)	11 (18.6%)	18 (30.5%)
	Muy buena	Buena	Regular	Mala
¿Qué opina sobre el gusto del agua?	11 (18.6%)	32 (54.2%)	11 (18.6%)	4 (6.8%)

En cuanto a las características sensoriales, las personas en su mayoría afirmaron que el agua llega de color café con 39% (Cuadro 4), sin olor con 78% (Cuadro 3), sin sabor con 74.6% (Cuadro 3) y que el gusto del agua en general se considera bueno con 54.2% (Cuadro 4). Un sabor agradable, se obtiene si el agua carece principalmente de color, turbidez, sabor y olor. Las personas prefieren beber aguas agradables a los sentidos, sin importar que sean posiblemente impotables (Fair et al., 2013). A pesar de que el agua llega de un color comúnmente no aceptable entre los consumidores, en las comunidades la mayoría de la población está satisfecha con el agua que recibe de la fuente en un 52.5% (Cuadro 8). Esto nos indica que la población no se enfoca mucho en el color que presenta el agua para determinar si está satisfecha, sin embargo, si puede influir en la percepción de una buena calidad de agua.

Las experiencias sensoriales se interpretan y adquieren significado moldeadas por pautas culturales e ideológicas específicas aprendidas desde etapas tempranas del desarrollo humano (Zapata, 2020). Esto quiere decir, que las opiniones acerca de las características sensoriales dependen de muchos factores incluyendo del ambiente donde se desarrolla la persona. Por medio de una prueba estadística Chi-cuadrado realizada a los resultados obtenidos de la encuesta se determinó que no hay

relación entre la percepción de una buena calidad de agua y el olor, de igual manera no se encontró relación entre la buena calidad de agua y el sabor, es decir, que estas características no afectaron para determinar si existe una buena calidad de agua en el presente estudio.

En un estudio realizado en el año 2018 en México, por medio de entrevistas se determinó la percepción de la calidad de agua en comunidades rurales. En su mayoría las personas expresaron que, si presentaban una buena calidad de agua, sin embargo, en los análisis de agua realizados en sus fuentes de abastecimiento dieron resultados que no cumplen los estándares de agua para consumo (Cortez et al., 2019). Lo cual, se parece mucho al experimento actual, porque a pesar de tener varios parámetros alterados en el agua, más del 40% de los encuestados consideran tener agua de buena calidad.

Se encuestaron un total de 12 personas en las comunidades abastecidas de la obra de captación y tanque de almacenamiento de Lavaderos, donde la mayoría considera el agua de buena calidad (91.7%). EL agua en general no presenta color (41.7%), ni sabor (75%), el gusto es bueno (50%) y en cuestión al olor, el 50% afirmó que presenta olor, mientras que el restante expresó que no (Cuadro 5). Los resultados positivos acerca de la percepción de calidad de agua se deben a que la fuente que abastece la obra de captación de Lavaderos tiene una alta calidad de agua natural, como se mencionó anteriormente.

Cuadro 5

Percepción de la calidad de agua de los pobladores abastecidos por la Obra de captación de Lavanderos

Pregunta	Si	No				
¿Considera que el agua que recibe del proyecto comunitario es de buena calidad?	11 (91.7%)	1 (8.3%)	-	-	-	-
El agua presenta olor	6 (50%)	6 (50%)	-	-	-	-
El agua presenta sabor	3 (25%)	9 (75%)	-	-	-	-
¿De qué color llega el agua?	-	-	Café 4 (33.3%)	Amarilla 0(0%)	Casi sin color 3(25%)	Sin color 5 (41.7%)
¿Qué opina sobre el gusto del agua?	-	-	Muy buena 3 (25%)	Buena 6 (50%)	Regular 3 (25%)	Mala 0 (0%)

Se encuestaron un total de 30 personas en las comunidades abastecidas de la obra de captación y tanque de almacenamiento de Santa Rosa, donde la mayoría expresa que el agua es de mala calidad (56.7%). EL agua en general presenta color café (41.7%), no tiene sabor (86.7%), no tiene olor (86.7%) y el gusto es bueno (73.3%) (Cuadro 6). La obra de captación de Santa Rosa se abastece de una quebrada que se encuentra en la parte media de la microcuenca Santa Inés, por lo que disminuye su calidad de agua, lo cual, se ve reflejado en que los pobladores de estas comunidades ya no consideran el agua de buena calidad.

Cuadro 6

Percepción de la calidad de agua de los pobladores abastecidos por la obra de captación de Santa

Rosa

Pregunta	Si	No				
¿Considera que el agua que recibe del proyecto comunitario es de buena calidad?	12 (40%)	17 (56.7%)	-	-	-	-
El agua presenta olor	3 (10%)	26 (86.7%)	-	-	-	-
El agua presenta sabor	3 (10%)	26 (86.7%)	-	-	-	-
¿De qué color llega el agua?	-	-	Café 9 (30%)	Amarilla 4 (13.3%)	Casi sin color 8 (26.7%)	Sin color 8 (26.7%)
¿Qué opina sobre el gusto del agua?	-	-	Muy buena 3 (10%)	Buena 22 (73.3%)	Regular 4 (13.3%)	Mala 0 (0%)

Se encuestaron un total de 16 personas en las comunidades abastecidas de la obra de captación y tanque de almacenamiento de Santa Inés, donde la mayoría considera el agua no es de buena calidad (75%). EL agua en general presenta color café (56.3%), no tiene sabor (62.5%), no tiene olor (68.8%) y el gusto es muy bueno (31.3%) (Cuadro 7). La fuente que abastece a la obra de captación de Santa Inés es una quebrada ubicada en la parte baja de la microcuenca, por lo que existe una posibilidad de que se encuentre con menor calidad de agua. Los pobladores de que se abastecen de esta obra de captación, afirman no considerar el agua de buena calidad con 75%, siendo el porcentaje más alto de las tres obras de captación.

Cuadro 7*Percepción de la calidad de agua de los pobladores abastecidos por la obra de captación de Santa**Inés*

Pregunta	Si	No				
¿Considera que el agua que recibe del proyecto comunitario es de buena calidad?	4 (25%)	12 (75%)	-	-	-	-
El agua presenta olor	5 (31.3%)	11 (68.8%)	-	-	-	-
El agua presenta sabor	6 (37.5%)	10 (62.5%)	-	-	-	-
¿De qué color llega el agua?	-	-	Café 9 (56.3%)	Amarilla 3 (18.8%)	Casi sin color 0 (0%)	Sin color 5 (31.3%)
¿Qué opina sobre el gusto del agua?	-	-	Muy buena 5 (31.3%)	Buena 3 (18.8%)	Regular 4 (25%)	Mala 4 (25%)

La calidad del agua es una construcción social que depende de los usos y valores atribuidos al líquido, influyendo en la percepción de los usuarios (Benez et al., 2010). Las variables como edad, actividad habitual, sexo, experiencia (Cortez et al., 2019), familiaridad en un entorno, estatus socioeconómico, actividades cotidianas, expectativas y deseos (Benez et al., 2010) influyen en la percepción de la calidad de agua de una fuente, por lo que las opiniones deberían ser diferentes en cada individuo, sin embargo, la población encuestada presenta similitud en el entorno, en el sexo y la actividad habitual, por lo tanto, las opiniones son similares. El 52.5% de las personas encuestadas no usa otra fuente de abastecimiento (Cuadro 8), es decir, que se utiliza solamente el agua brindada por la llave para realizar las diferentes tareas domésticas y de consumo.

Cuadro 8*Satisfacción de la población del servicio de agua y uso de otras fuentes de agua*

Pregunta	Si	No				
¿Usa otras fuentes de abastecimiento de agua además del proyecto comunitario?	27 (45.8%)	31 (52.5%)	-	-	-	-
¿Cuáles otras fuentes de abastecimiento de agua utilizan para uso doméstico?			Pozo Comunal 1 (1.7%)	Lluvia 1 (1.7%)	Pozo propio 6 (10.2%)	Comprar agua 14 (23.7%)
¿Está satisfecho con el agua recibe del proyecto?			Muy satisfecho 10 (17%)	Satisfecho 31 (52.5%)	Poco satisfecho 10 (17%)	No satisfecho 2 (3.3%)

Por otro lado, 27 habitantes necesitan de otras fuentes de abastecimiento, siendo la más utilizada comprar agua (Cuadro 8). En el mismo estudio realizado en México en el año 2018 que se estimó la percepción de calidad de agua de los habitantes de comunidades rurales del área natural protegida La Encrucijada. Los pobladores consideraron el agua de garrafón de buena calidad por ser más limpia y por su sabor más dulce en comparación con el agua de pozo. Sin embargo, otros la consideran de mala calidad por las condiciones de los garrafones y por el sedimento que tiene el agua (Cortez et al., 2019). En comparación con el experimento actual, las comunidades consideran el agua de no tan buena calidad ya que necesitan abastecerse de otras fuentes, incluso la mayoría prefirió gastar dinero en agua con un promedio de HND 61.41 semanal. Por medio de la prueba estadística Chi-cuadrado se determinó que existe relación entre la buena calidad de agua y el uso de otras fuentes de abastecimiento, lo que quiere decir que la percepción de la calidad de agua si está relacionada con el uso de agua externa a la que se brinda para suplir sus necesidades.

El 40.7% de las personas encuestadas afirmaron que casi nunca se enferman del estómago y el 27.1% seleccionó la opción nunca, siendo las dos respuestas más escogidas (Anexo D), adicionalmente los pobladores expresaron que 12 niños menores de 5 años se habían enfermado en el mes de mayo. Las enfermedades diarreicas agudas son un problema importante de salud pública en el mundo, debido a que afectan a todos los grupos de edad, sin embargo, los más vulnerables son

los menores de cinco años (Fuentes et al., 2008), por lo que, estas enfermedades causan mayores consecuencias en niños pequeños. Las enfermedades estomacales como la diarrea en su mayoría son causadas por ingerir agua contaminada o por la insalubridad del agua y las deficiencias de saneamiento (OMS, 2007). La falta de agua salubre contribuye a perpetuar un ciclo donde las poblaciones pobres se vuelven aún más desfavorecidas y la pobreza se arraiga. El 94% de los casos de diarrea podrían evitarse mediante modificaciones del medio (OMS, 2007), como sería mejorar el agua que consumen los pobladores. En el experimento existe una parte de la población que se enferma del estómago, lo cual disminuiría mejorando la calidad de agua que consumen actualmente.

Por otro lado, el 22% de las personas afirmó que miembros de su familia presentan enfermedades diarreicas (Anexo D), en donde el 11.9% de los encuestados seleccionaron como frecuencia a veces, seguido de la opción casi nunca con un 8.5% (Anexo D). A pesar de que los porcentajes no son altos, sí tienen consecuencias económicas para la familia. En un estudio realizado en Valle del Mezquita, México en el año 2019 se confirmó que existe una mayor probabilidad de presentar enfermedades gastrointestinales en aquellos hogares donde las fuentes de abastecimiento provienen de ríos, arroyos o lagos de la región. De igual manera, la frecuencia de agua potabilizada en el hogar, la carencia de drenaje, la descarga directa de agua en el sanitario, la frecuencia (disponibilidad) de agua y su origen son variables que afectan la salud del consumidor (Lara y García, 2019).

La mayor desventaja de la captación en ríos y arroyos es que están expuestos a la contaminación, a pesar de que son capaces de proporcionar grandes cantidades de agua (Brassington, 1998). Se realizó una prueba estadística Chi-cuadrado, en la cual se determinó que no existe relación entre el agua de buena calidad y las enfermedades diarreicas, es decir que al momento de que un familiar presenta enfermedades diarreicas la población no lo relaciona con el agua de buena calidad según el experimento presente.

El 42.4% de la población utiliza cloro como tratamiento, seguido por el 32.2% que no realiza ningún tratamiento y el 28.8% afirmó que prefiere el tratamiento porque es más efectivo (Anexo E).

La desinfección por medio de cloro es un método básico para purificar el agua sin necesitar gran equipamiento o incluso no se necesita del todo. Igualmente, ayudan a eliminar la mayoría de los microbios, sin embargo, si el agua es demasiado turbia este método no funciona muy bien (Conant, 2005).

El 86.4% de la población encuestada almacena agua para consumir, mientras que el 10.1% no lo hace (Anexo F). Para evitar las enfermedades ocasionadas por beber agua contaminada es necesario tener buena higiene personal y la inspección de lugares de almacenamiento, además los recipientes caseros de almacenamiento de agua podrían tener insectos sino se les brinda el manejo adecuado (OPS y OMS, 2014). Almacenar agua de manera adecuada influye en mantener la calidad de agua que se brinda inicialmente, ya que en esta práctica existen muchos puntos donde se podría contaminar el agua. Todas las personas encuestadas afirmaron lavarse las manos frecuentemente en diferentes escenarios propuestos. En un estudio realizado en la zona rural de Honduras acerca del deterioro del agua en el almacenamiento, se determinó que existen varios factores que son potenciales fuentes de contaminación como son las manos, contenedores, polvo, insectos y animales (Trevett et al., 2004).

El 86.4% de las personas afirman que lava los recipientes donde almacena agua y el 84.6% utiliza detergente o jabón para lavarlos (Anexo F). Es importante limpiar frecuente y adecuadamente los recipientes utilizados, debido a que el agua se puede contaminar al ser almacenada en un recipiente sucio o sin lavar. El jabón ayuda a desinfectar de una mejor manera el lugar donde se almacena el agua y contribuye a disminuir las bacterias o algunos virus. El agua que es manipulada durante su almacenamiento en los hogares puede estar expuesta a la contaminación (OMS, 2006), por lo tanto, es de sumo interés esta práctica para mejorar la calidad de agua.

El 35.6% de personas encuestadas guardan el agua solamente por un día, mientras que el 25.6% lo hace por 2 días (Anexo F). La degradación sustancial de la calidad de agua ocurre entre los puntos de suministro y consumo (Trevett et al., 2004), por lo que entre más tiempo pase almacenada el agua de consumo, existe una mayor probabilidad de contaminación, ya que permanece mayor tiempo expuesta a diferentes contaminantes. Sin embargo, si existiera un buen manejo del agua y de

los recipientes a la hora de almacenarse no tendría que disminuir la calidad de agua. El 66.1% de los pobladores encuestados saca el agua con un vaso/posillo y un 37.2% mantiene el recipiente utilizado guardado, sin embargo, un 35.6% solamente lo tiene cubierto. El lugar donde se mantiene el recipiente es muy importante, ya que este puede representar una fuente de contaminación, por lo que lo mejor es tenerlo guardado en un lugar limpio. Los consumidores por medio de sus acciones, pueden ayudar a garantizar la inocuidad del agua que consumen, así como contribuir a mejorar o bien a contaminar el agua que consumen otros (OMS, 2006).

El 37.3% de los habitantes encuestados utiliza un tambo plástico para almacenar agua, seguido por el 34% que usa baldes (Anexo F) y el 81.36% afirmaron tapar los recipientes, mientras que el 8.47% no tapa todos los envases (Anexo F). La tapadera en el recipiente es un factor muy importante, debido a que evita que el recipiente con agua se convierta en un criadero de insectos que en el futuro afecte a los consumidores. El almacenamiento, con la finalidad de preservar la calidad del agua tratada, siempre debe estar cubierto, evitando así la caída de algún tipo de contaminación a su interior (Pérez y Fargas, 2017).

Todas las personas encuestadas afirmaron tener interés por adquirir el Ecofiltro® (Anexo G), ya que consideran que al agua sería más limpia, más saludable, que reduciría el riesgo de enfermedades y que les beneficiaría económicamente, ya que ahorran dinero. El Ecofiltro® ayuda a evitar contraer enfermedades diarreicas e infecciones en el estómago, ya que el agua proviene de purificadores y pasa por un sistema de desinfección. También, el agua es más segura y libre de contaminantes. De igual manera todas las personas aceptaron la toma de muestras desde su vivienda, para analizar la calidad de agua (Anexo G).

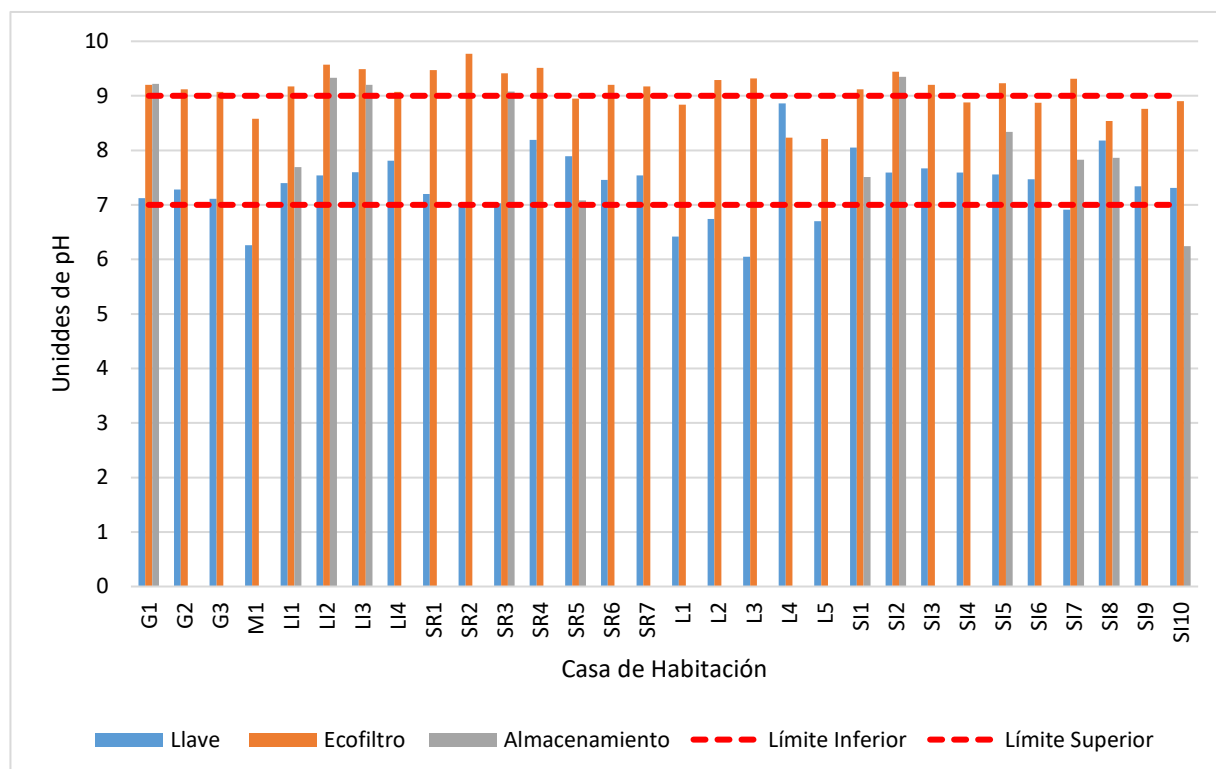
Evaluación de la Eficiencia y Aceptación del Ecofiltro® en las Comunidades atendidas en el Proyecto

Parámetros Físicoquímicos de las Casas de las Comunidades, Antes y Después del Ecofiltro®

Potencial de Hidrógeno (pH).

Los códigos encontrados en la parte inferior de las gráficas se refieren a las casas de habitación muestreadas, donde la letra inicial es igual a la comunidad a la que pertenece (G-Guayabo, M-Matambre, LI- Lirios, SR- Santa Rosa, L- Lavanderos y SI-Santa Inés). El Ecofiltro® provocó un aumento notable en el pH del agua, ya que fue un dato constante que se observó en todas las casas que fueron analizadas (Figura 10). El incremento de este parámetro se debe a la reacción que tiene el agua junto a la arcilla que compone el filtro, las características que presenta la arcilla por su composición le dan propiedades básicas que reaccionan con el agua aumentando las unidades del pH (Vidal, 2010). En un estudio similar realizado en el año 2010 se evaluó la efectividad de un filtro a base de arcilla y plata coloidal, adicionalmente se caracterizó el agua por medio de análisis físicoquímicos y microbiológicos, donde se identificó el aumento del pH en una o dos unidades en cada análisis desde la prueba piloto en un filtro de la misma composición y con los mismos elementos.

Adicionalmente, López (2015) afirma que el aumento de pH en este tipo de filtros se debe al carbón activado que posee en su estructura. Con respecto al máximo admisible por la Norma de Calidad de agua de Honduras el pH encontrado en el agua tratada con Ecofiltro® sobrepasa el valor estipulado en la mayoría de casas, mientras que el agua de la llave si se encuentra dentro del rango. Estudios sugieren que el agua alcalina con pH de 8 o mayor provoca dificultad en el crecimiento de las células cancerosas, ya que ayuda a regular el pH del organismo y mejora la oxigenación. Además, retrasa el envejecimiento y normaliza la digestión, sin embargo, puede generar rechazo por el consumidor (Jara et al., 2013).

Figura 10*pH en el agua según su procedencia.***Turbiedad.**

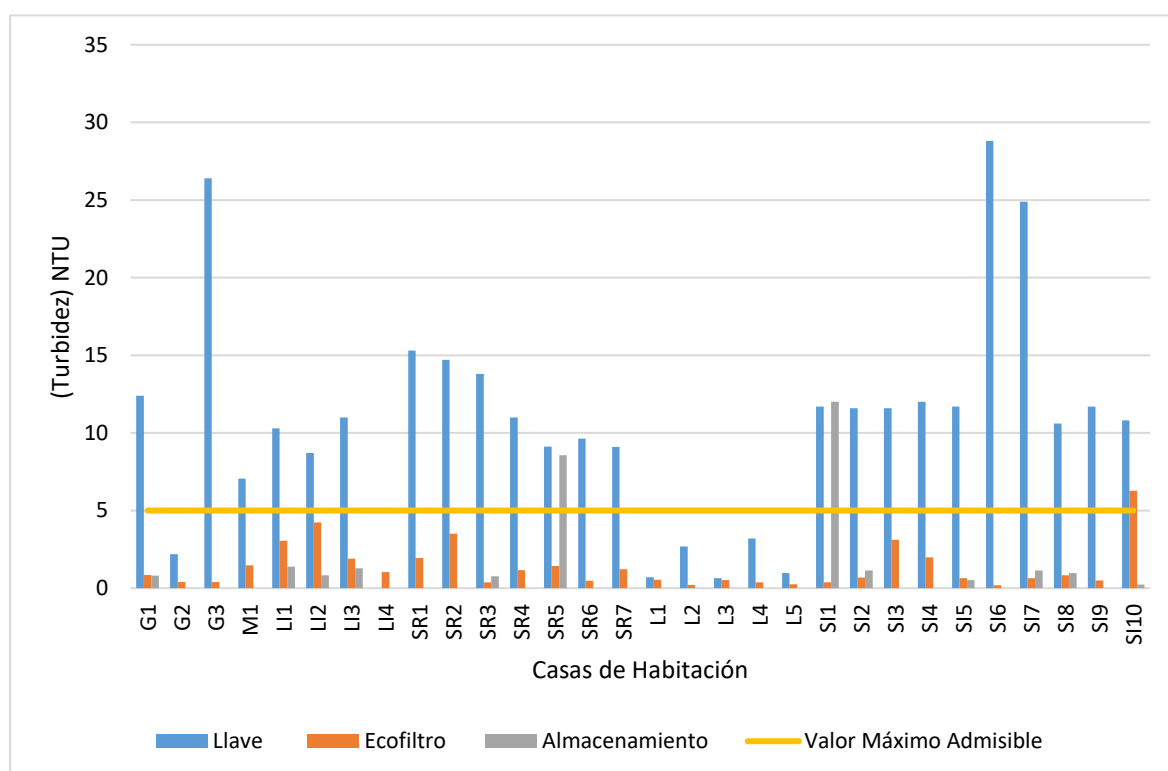
El agua cruda proveniente de la llave de las viviendas presentó altos valores de turbidez, superando los 25 NTU el mayor número reportado (Figura 11). Luego del tratamiento, los resultados disminuyeron en todos los casos e independientemente de la turbiedad inicial. La eficiencia promedio en la reducción de turbiedad fue de 81%. Estos resultados son comparables a los de un estudio que determinó la eficiencia de filtros a diferentes concentraciones de arcilla y aserrín, y en el cual se obtuvo valores menores en los análisis de turbidez después del filtrado, por lo tanto, se concluyó que existe una diferencia significativa en cuanto al parámetro con los filtros de arcilla en comparación a la muestra inicial (Mayhua, 2017).

El agua proveniente de la llave de las casas sobrepasa por mucho el valor máximo permisible estipulado por la Norma de Calidad de agua de Honduras, pero gracias al tratamiento el agua logra disminuir la turbidez y situarse dentro de la normativa. Sin embargo, en algunas casas existe un

aumento del parámetro dentro de los recipientes de almacenamientos, luego de haberlo disminuido con el Ecofiltro®. Esto se puede ocasionar por un mal manejo del agua al momento de almacenarla, ya que se encuentra expuesta a muchos contaminantes, como sería el polvo, insectos, animales, manos sucias, contenedores sucios, entre otros (Trevett et al., 2004). Es importante que los pobladores que opten por almacenar agua tengan mucho cuidado con la limpieza del recipiente, de la superficie donde se encuentra, de las manos y de las tapaderas, todo con el objetivo de reducir los posibles contaminantes del agua.

Figura 11

Turbidez del agua según su procedencia



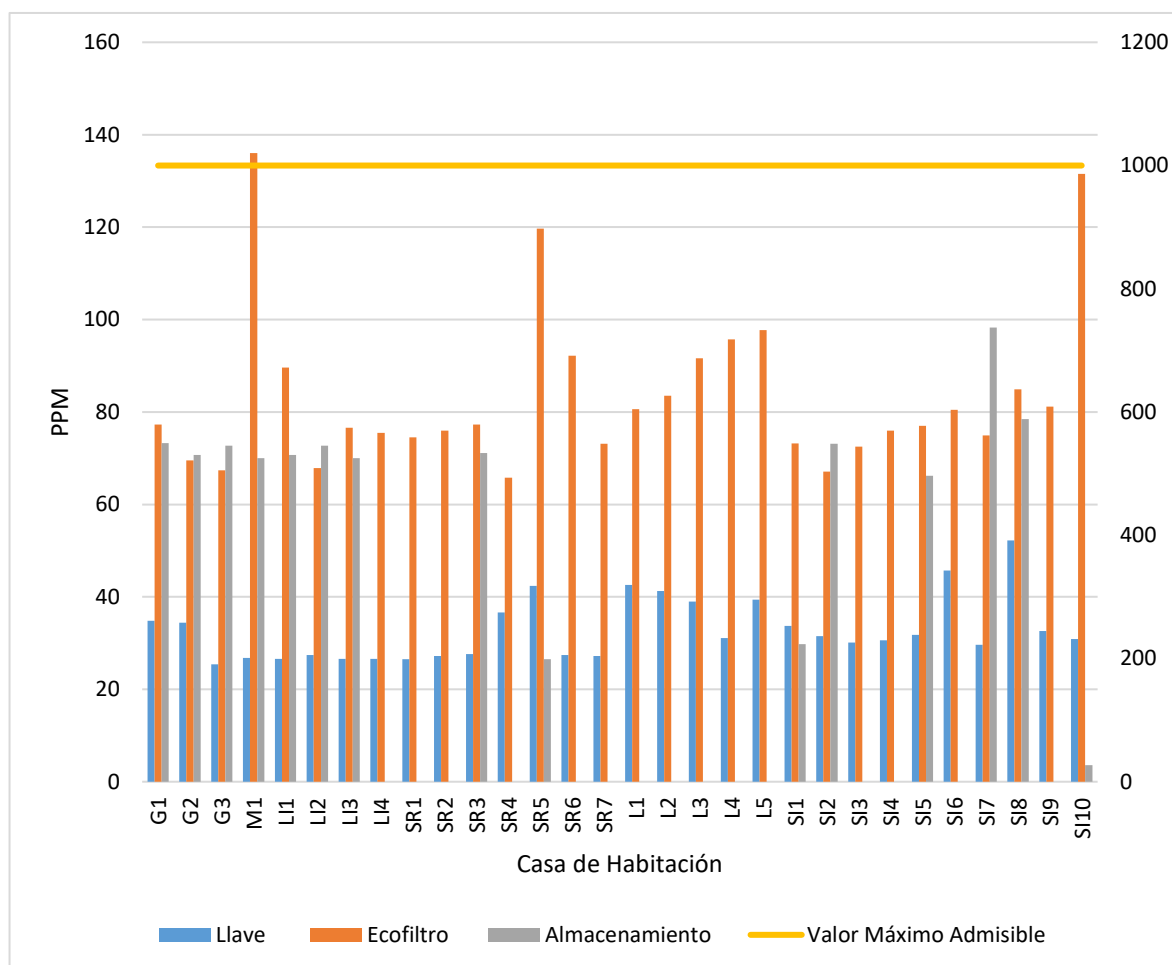
Sólidos Disueltos Totales.

Los valores obtenidos del agua que se sometió al tratamiento con Ecofiltro® son constantemente elevados, siendo mayores a los resultados de los análisis del agua proveniente de la llave de casa (Figura 12). Los valores concuerdan con un experimento realizado en el año 2018, donde se evaluó la eficiencia de un filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua,

por medio de diversos análisis, entre ellos se encuentra uno de los parámetros fisicoquímicos y se encontró que el filtro de arcilla no tiene eficiencia al momento de la eliminación de los sólidos disueltos totales (Arteaga, 2018). La Norma de Calidad de agua de Honduras estipula un máximo admisible de 1,000 partes por millón (PPM), por lo que ningún análisis realizado en las casas tuvo resultados tan altos para alcanzar este valor.

Figura 12

Sólidos disueltos totales en el agua según su procedencia



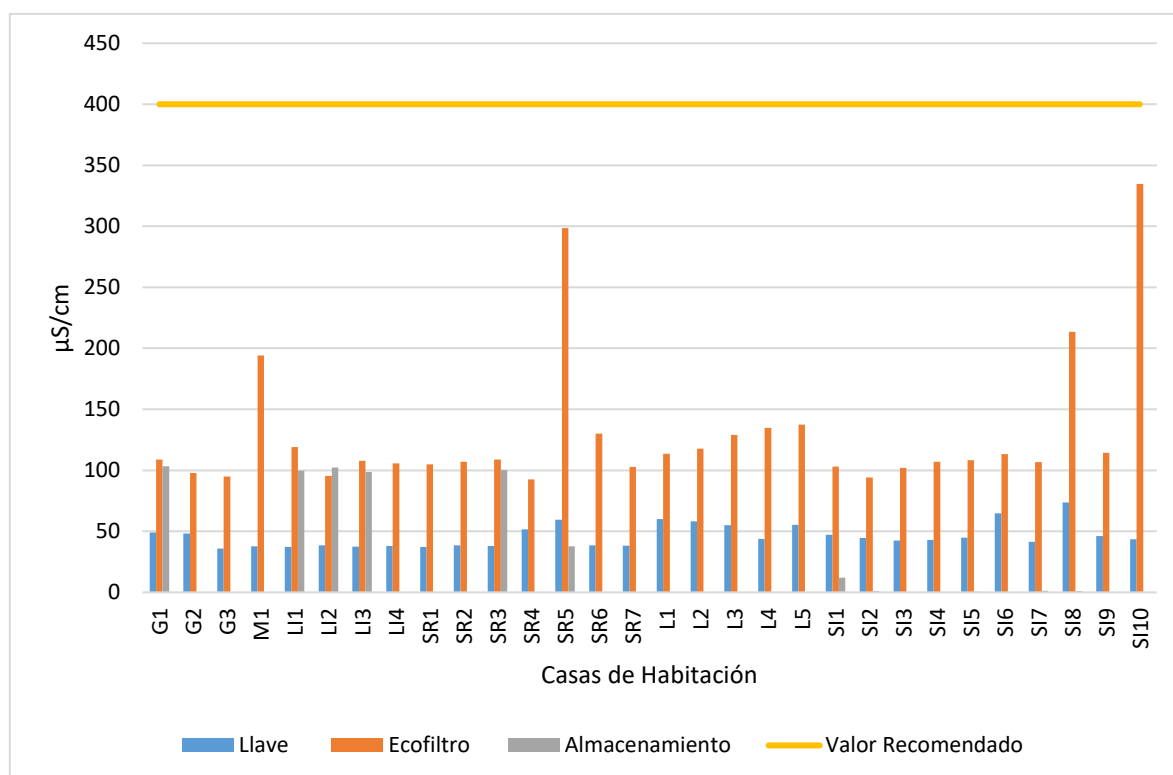
Conductividad Eléctrica.

El agua tratada con el Ecofiltro® presentó altos valores de conductividad eléctrica, superando a los obtenidos del agua cruda que proviene de la llave de los hogares (Figura 13). Otros estudios sobre el uso de filtro de arcilla y plata coloidal reportan reducción en los valores de conductividad eléctrica,

sin embargo, este fue realizado en el sector urbano, pero el agua analizada era mucho más turbia y contaminada, teniendo resultados luego del tratamiento con una media de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Lumba et al., 2019), lo cual es más elevado que todas las muestras realizadas en el experimento. A pesar de usar tratamientos similares los resultados del estudio no concuerdan con los obtenidos en los análisis del agua del experimento actual, ya que esta no disminuyó en lo absoluto. La conductividad del agua está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica (Solís et al., 2018). Por lo tanto, los altos niveles de sólidos disueltos totales presentes en el agua pueden influir en este parámetro del agua. Según Norma de Calidad de agua de Honduras (1995) no estipula un valor máximo admisible, pero si presenta un valor recomendado, el cual es mayor a todos los resultados obtenidos en el experimento, por lo que todos se encuentran dentro del límite establecido. Se encuentran dos filtros con valores notablemente más altos (Figura 13), pero el agua cruda es igual que el agua de los vecinos, lo que indica un mal uso del Ecofiltro® por parte de la persona, ya que en la mayoría de las casas los valores no aumentan tanto.

Figura 13

Conductividad eléctrica del agua según su procedencia



Parámetros Bacteriológicos de las Casas de las Comunidades, Antes y Después del Ecofiltro®.**Coliformes Totales/ *E. coli*.**

El agua proveniente de la llave de las viviendas presentó altos valores de coliformes totales y *E. coli*. Los resultados obtenidos de coliformes totales y *E. coli* en el agua tratada con Ecofiltro®, resultaron en su mayoría menores a uno y en cumplimiento con la normativa nacional de calidad de agua, con una eficiencia promedio de remoción de 92.7% y 75% respectivamente (Cuadro 8). La desinfección ocurre debido a que la plata coloidal que es añadida en la superficie del filtro, tiene la propiedad de bactericida, que provoca una reacción química que desactiva agentes dañinos para el organismo humano que pueden atravesar el filtro, siendo completamente inofensivo para el ser humano (Vidal, 2010).

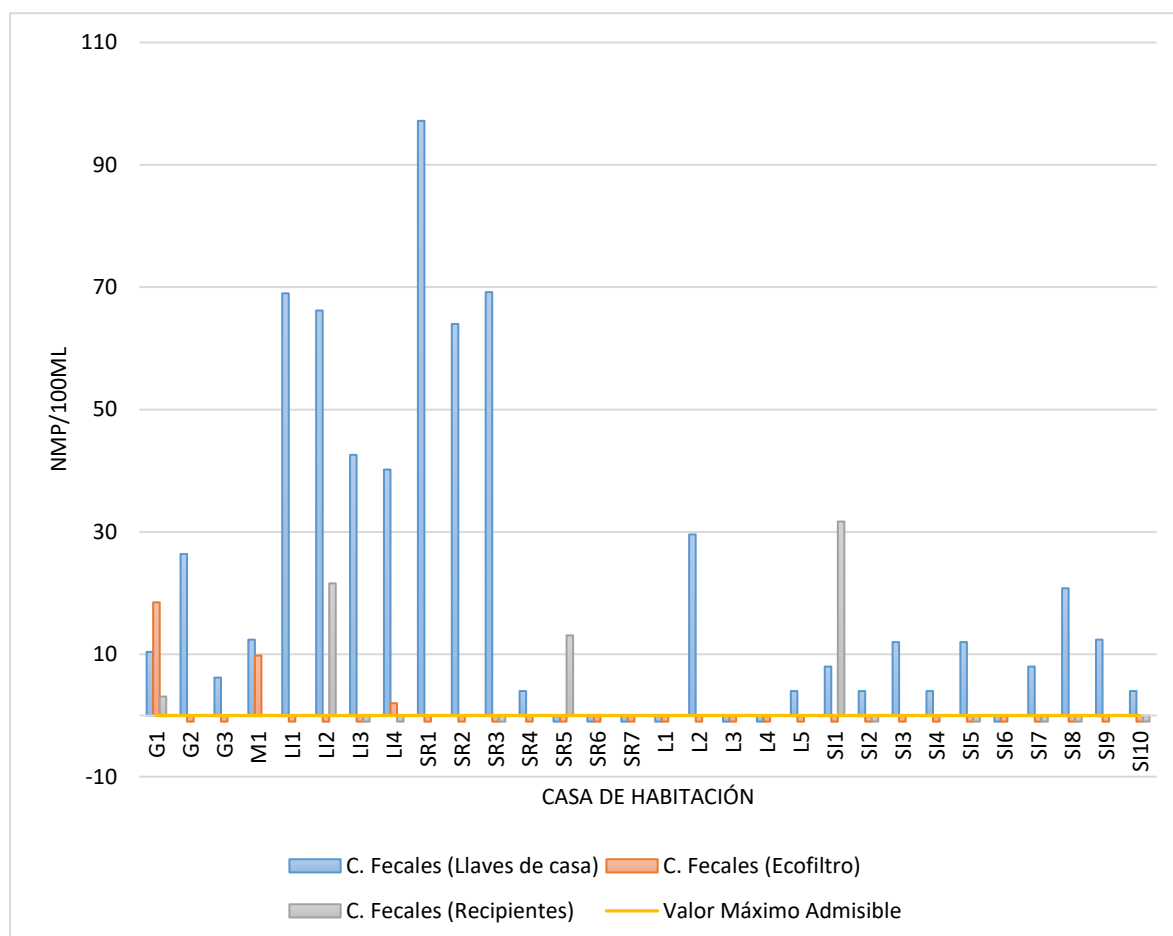
Sin embargo, algunas muestras de agua tienen resultados mayores a 1,000 número más probable por 100 mililitros (NMP/100ml) con respecto a coliformes totales luego de pasar por el Ecofiltro® (Cuadro 3). De igual manera en las mismas casas que tuvieron altos valores de coliformes totales luego del tratamiento, presentaron *E. coli* (Figura 14). Esto puede ser el resultado de una incorrecta utilización del Ecofiltro® o por falta de limpieza y mantenimiento al filtro luego de tratar aguas muy cargadas. (Cuadro 8). Debido al Ecofiltro® se reduce el número de casas que tienen *E. coli* fuera de los rangos estipulados en la normativa de Honduras (Figura 14), pero, existen casos de recontaminación de coliformes totales en 9 casas en el recipiente de almacenamiento, por lo que, significa que las personas no tienen un buen manejo del agua una vez tratada, bajando la calidad de agua que se obtuvo gracias al tratamiento.

Cuadro 9*Coliformes totales presentes en el agua según su procedencia*

Casas	Llaves de casa NMP/100ml	Ecofiltro® NMP/100ml	Recipientes de almacenamiento NMP/100ml
G1 (El Guayabo)	207.8	231	435.2
G2	1095	≤1	-
G3	626	1	-
M1 (Matahambre)	3106.2	67	-
LI1 (Los Lirios)	≤4841.2	1	-
LI2	1960.8	≤1	2419.6
LI3	≤4841.2	≤1	≤1
LI4	2827.2	1413.6	2419.6
SR1 (Santa Rosa)	48.8	1	-
SR2	5198.8	344.1	-
SR3	6212.4	≤1	8.6
SR4	6931.6	≤1	-
SR5	≤1	≤1	2419.6
SR6	4	≤1	-
SR7	4	≤1	-
L1 (Lavaderos)	172.8	≤1	-
L2	1844.4	≤1	-
L3	170.4	≤1	-
L4	38.8	≤1	-
L5	204.8	≤1	-
SI1 (Santa Inés)	6931.6	≤1	≤2419
SI2	1045.2	≤1	≤1
SI3	952.8	≤1	-
SI4	6212.4	≤1	-
SI5	≤9678.4	≤1	≤1
SI6	336.8	≤1	-
SI7	3683.2	≤1	1046.2
SI8	9678.4	≤1	866.4
SI9	7945.2	≤1	-
SI10	9678.4	≤1	21.6

Figura 14

E. coli presente en el agua según su procedencia.



Comparación de Turbidez, Coliformes Totales/*E. coli* del Agua Antes y Después del Tratamiento

Los resultados de turbidez, coliformes totales/*E. coli* antes y después del Ecofiltro® se compararon por medio de una prueba estadística “Wilcoxon”. Los valores de turbidez son considerablemente más altos en el agua proveniente de la llave de la casa que del Ecofiltro®, al compararlos se obtuvo un valor $P < 0.0001$, por lo que si hubo diferencia significativa ya que es menor a $P < 0.05$ (Cuadro 10). Es decir, el Ecofiltro® produjo una disminución de turbidez en el agua proveniente de la llave, por lo tanto, mejoró el agua de consumo con respecto a este parámetro.

Cuadro 10

Comparación de turbidez con y sin tratamiento.

Tratamiento	Turbidez NTU
Ecofiltro®	1.35
Llave de casa	10.77
Valor de P	<0.0001

Los valores de coliformes totales son notablemente más altos en el agua proveniente de la llave de la casa que del Ecofiltro®, al compararlos se obtuvo un valor $P < 0.0001$, por lo que si hubo diferencia significativa ya que es menor a $P < 0.05$ (Cuadro 11). Es decir, el Ecofiltro® produjo un efecto positivo en el agua proveniente de la llave, disminuyendo significativamente los coliformes totales, por lo tanto, mejoró su calidad de agua. En un estudio realizado en el año 2018, donde se analizaba los parámetros bacteriológicos del agua, se concluye que los coliformes totales si fueron reducidos por el filtro de barro hecho a base de arcilla roja, por lo que fueron resultados similares (Romero y Mejillón, 2018). Sin embargo, el estudio presente tiene un valor alto de coliformes totales en el Ecofiltro® por un mal uso de la tecnología brindada en tres casas pertenecientes a la comunidad de Los lirios, Santa Rosa y el Guayabo, a pesar de recibir una capacitación previamente.

Cuadro 11

Comparación de coliformes totales con y sin tratamiento.

Tratamiento	Coliformes totales NMP/100ml
Ecofiltro®	68.62
Llave de casa	3215.95
Valor de P	<0.0001

Los resultados de *E. coli* son menores, sin embargo, presenta un valor $P=0.0004$, por lo que existe diferencia significativa ya que es menor a $P < 0.05$ (Cuadro 12). Esto nos indica que el Ecofiltro® si remueve los *E. coli* del agua proveniente de la llave y si existe una diferencia estadística entre los parámetros del agua. En el mismo estudio descrito anteriormente, se obtuvieron resultados menores a 2 NMP/100ml de *E. coli* luego del tratamiento de filtración (Romero y Mejillón, 2018), entonces aún

se sigue teniendo valores altos de *E. coli* por parte del Ecofiltro®, sin embargo, la tecnología por sí sola no garantiza la eficiencia del proceso sin un adecuado mantenimiento por las familias.

Cuadro 12

Comparación de E. coli con y sin tratamiento.

Tratamiento	E. coli NMP/100ml
Ecofiltro®	1.01
Llave de casa	20.89
Valor de P	0.0004

Aceptación del Ecofiltro® en las Comunidades Atendidas en el Proyecto

El 89.1% de los pobladores utiliza el Ecofiltro® desde hace 4 meses, seguido por el 10.9% que lo usa desde hace 3 meses. El 100% considera que el agua después del tratamiento es de buena calidad, debido a que la observan más limpia y de tonalidad clara. El 100% afirma que el agua no tiene color, que no presenta sabor y que el sabor es bueno (Cuadro 13). El 100% de los habitantes está satisfecho con el Ecofiltro® y lo utiliza siempre. El 95.7% afirma que es suficiente agua, sin embargo, el 4.3% restante no le da abasto el agua para su familia, debido a que es muy numerosa. En un estudio realizado en Perú en el año 2018 se determinó la eficiencia de un filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, en el cual concluyeron que el tratamiento de agua de filtros de arcilla mezclados con aserrín y plata coloidal es un método confiable para el tratamiento de agua y como una solución para las personas de escasos recursos que no cuentan con agua segura (Cochachin, 2018). En el experimento actual se puede observar que la población percibe el agua más clara y sin color, lo que se debe a la reducción del parámetro de la turbiedad que se evaluó anteriormente.

Cuadro 13*Percepción de la calidad de agua proveniente del Ecofiltro®*

Pregunta	Si	No				
El agua del Ecofiltro® presenta olor:	0 (0%)	59 (100%)				
El agua del Ecofiltro® presenta sabor:	0 (0%)	59 (100%)				
¿Cuánto tiempo lleva utilizando el Ecofiltro®?	-	-	2 meses 0 (0%)	3 meses 6 (10.6%)	4 meses 53 (89.1%)	Otro 0 (0%)
¿Considera que el agua tratada con el Ecofiltro® es de buena calidad?	-	-	Buena calidad 59 (100%)	Regular 0 (0%)	Mala calidad 0 (0%)	
Comúnmente, ¿de qué color sale el agua del Ecofiltro®?	-	-	Café 0 (0%)	Amarilla 0 (0%)	Sin color 59 (100%)	Casi sin color 0 (0%)
¿Qué opina sobre el gusto del agua del Ecofiltro®?	-	-	Muy buena 59 (100%)	Buena 0 (0%)	Regular 0 (0%)	Mala 0 (0%)

El 82.6% no usa otras fuentes, pero el 4.3% compra agua y el 13% utiliza agua de la llave. El 76.1% no realiza tratamientos además del filtro, el 19.6% clora el agua antes de pasar por el filtro y el 4.3% filtra el agua con una toalla antes de pasarla por el filtro. El Ecofiltro® es un método que combina la filtración y la desinfección, por lo que clorar el agua no tendría ningún efecto en el tratamiento, ya que se encarga de eliminar patógenos, sin embargo, el cloro puede cambiar el sabor del agua, lo que podría afectar el consumo de los pobladores (Lerma, 2012), adicionalmente la turbidez tiene valores muy altos en el agua cruda, por lo que no se debe clorar el agua, ya que al hacerlo se pueden desarrollar toxinas que afecten la salud del consumidor. El filtrar el agua de la llave con una toalla o paño podría ayudar a disminuir la carga de sólidos que entra al tratamiento, haciendo que el mantenimiento sea menos frecuente.

El 58.7% no almacena agua, ya que el Ecofiltro® está en constante uso y no necesitan realizar la práctica. El 65.2% usa el agua solo para beber y el resto la utiliza también para cocinar o lavar trastes. El uso de recipientes de almacenamiento adecuadamente manejados puede asegurar un suministro

seguro de agua para beber, cocinar, lavar platos y para higiene personal (Lerma, 2012), lo cual, significa que el almacenar agua no debe intervenir en la calidad de agua que se recibe. Sin embargo, en el experimento actual hay nueve casas donde ocurre una recontaminación de coliformes totales y *E. coli*, en los recipientes de almacenamiento. Por lo que, esta práctica puede estar influyendo en que la población siga consumiendo agua contaminada.

El 100% realiza mantenimiento, donde el 45% lo hace una vez a la semana y el 28.3% dos veces al mes. Al 100% le gusta el Ecofiltro® porque brinda agua más clara, más limpia y tiene mejor sabor. El 100% no ha tenido problemas, solo que en los primeros días el agua contenía restos del filtro de arcilla, pero luego de una semana, el Ecofiltro® comenzó a funcionar normal. En las primeras filtraciones el agua tiende a salir color rojizo clara porque existe una liberación de arcilla, por lo que se recomienda hacer mínimo tres lavados, antes de consumir el agua (Vidal, 2010). Esta información se le brindó a la población durante la capacitación, ya que es una característica de este tratamiento, por lo que no afectó el uso de la tecnología por parte de los habitantes.

El 100% de los pobladores recomienda su uso, debido a que agua más saludable y es más pura. El filtro como tratamiento de agua para consumo es una opción viable para mejorar y asegurar la calidad del agua, incluso en lugares que no cuentan con sistemas de tratamiento o los sistemas existentes operan de manera deficiente (Talavera et al., 2018).

Conclusiones

El agua analizada de las obras de captación y distribución de las comunidades de Santa Inés, Santa Rosa y la Quebrada el Hondable presentan valores elevados en cuanto a turbidez, coliformes totales y *E. coli*. Aún en las comunidades en la zona alta de la microcuenca, no se cumplen los valores de la norma de calidad de agua y la contaminación se acentúa en los sistemas de abastecimiento aguas abajo, lo cual representa un riesgo a la salud de las comunidades.

Los tratamientos más utilizados por la población encuestada son cloración y filtración, sin embargo, los pobladores no han recibido capacitaciones sobre la aplicación de estos tratamientos, por lo que, no se puede garantizar desinfección y eliminación de contaminantes con su uso. Pese a que la mayoría de las personas encuestadas se encuentran satisfechas con el servicio de agua comunitario, expresan que no reciben agua de buena calidad, debido a que llega contaminada, sucia y de coloración café. Esta condicionante hace que un número considerable de personas usen otras fuentes de abastecimiento, incluyendo la compra de agua embotellada.

El Ecofiltro® brindado a la población disminuyó los parámetros coliformes totales/*E. coli* en el agua, excepto en una vivienda del Guayabo. Por otro lado, la turbiedad se redujo en todas las casas analizadas. El agua tratada por el Ecofiltro® redujo significativamente los parámetros de coliformes totales/*E. coli* y turbiedad del agua cruda de las llaves, por lo tanto, la tecnología brindada demostró ser una tecnología eficiente para mejorar el agua para consumo.

Se identificó una re-contaminación en el 75% de recipientes en los cuales se almacena el agua una vez tratada, lo que indica la necesidad de abordar esta etapa del proceso como parte de la promoción de cualquier tecnología de tratamiento o desinfección.

Existe una buena aceptación preliminar de la tecnología por parte de la población, ya que todas las personas encuestadas están satisfechas con el agua del Ecofiltro® y lo utilizan diariamente desde el momento que se les entregó, sin embargo, la mayoría solo la utiliza para beber, por lo que puede haber un riesgo en la salud al cocinar o realizar otras tareas domésticas con agua cruda o de la llave.

Recomendaciones

Implementar tratamientos en las obras de captación y distribución de las comunidades que se adapte a la situación actual, para disminuir patógenos y otros contaminantes. Asimismo, se recomienda realizar monitoreos periódicos, para corroborar el funcionamiento de dichos tratamientos y continuar promoviendo actividades de manejo de cuencas en la zona.

Realizar pruebas de coliformes totales y fecales en las fuentes de agua de manera periódica. Evaluar parámetros químicos asociados a las actividades productivas de la cuenca para descartar la exposición de la población a sustancias nocivas, ya que en el área se practican actividades agrícolas y ganaderas que podrían contaminar la zona de recarga de la microcuenca.

Brindar capacitaciones frecuentes a las comunidades acerca del mantenimiento del Ecofiltro®, para mejorar el uso de la tecnología y darle seguimiento a las casas que presentan recontaminación o parámetros alterados en el agua post tratamiento para lograr que todas las casas se encuentren dentro de la normativa estipulada para Honduras.

Realizar un estudio mínimo 1 año después de adopción de la tecnología, para identificar si el Ecofiltro® fue el tratamiento indicado para las comunidades, tomando en cuenta los inconvenientes que pudieron tener con respecto al manejo del mismo.

Realizar un estudio luego de 1 año en las comunidades, sobre los efectos que tuvo la tecnología en la salud y las incidencias de enfermedades de origen hídrico, pre y post tratamiento.

Referencias

- Aguilar, M. (2016). *Propuesta para creación de un Organismo de Gestión en la microcuenca Santa Inés, Honduras* [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5714/3/IAD-2016-T001.pdf>
- Arteaga, N. (2018). *Evaluación de la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma, San Rafael, Bellavista-2017* [Tesis]. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Perú. <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3071/AMBIENTAL%20-%20Neiser%20Arteaga%20Diaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barahona, I. (2021). *Contribuciones del estado de Honduras para los informes del relator especial sobre derechos humanos al agua potable y el saneamiento*. Tegucigalpa, Honduras. <https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/PlanningReportWater/input-state/Honduras.pdf>
- Benez, M., Kauffer, E. y Alvarez, G. (2010). Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. *Frontera Norte*, 22(43), 129–158. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722010000100006
- Brassington, R. (1998). *Alumbramiento de aguas: Guía para la construcción y mantenimiento de suministros de agua privados*. Acribia, S.A.
- Calgary, A. (Ed.). (2011). *Introducción al tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro: Motivos para tratar el agua a nivel domiciliar*. CAWST. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CAWST%202011.%20Introducci%C3%B3n%20al%20tratamiento%20agua%20a%20nivel%20domiciliario.pdf
- Cardenas, D. y Patiño, F. (2010). *Estudios y diseños definitivos del sistema del agua potable de la comunidad de Tutucán, Cantón Paute, Provincia del Azuay* [Tesis]. Universidad de Cuenca, Ecuador. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>
- Centro de Agua y Saneamiento Ambiental. (2008). *Menú de alternativas de tratamiento a nivel comunitario y domiciliar.: Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento en Poblaciones Rurales Dispersas*. https://www3.paho.org/par/index.php?option=com_docman&view=download&alias=501-menu-de-alternativas-de-tratamiento&category_slug=contaminacion&Itemid=253
- Cochachin, J. (2018). *Eficiencia del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medidas por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el río casca del distrito de Independencia-Huaraz-Ancash* [Tesis]. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Perú. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2451>
- Conant, J. (2005). *Agua para vivir: Cómo proteger el agua comunitaria*.
- Cortez, E., Mata, D. y Molina, D. (2019). Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida la Encrucijada, Chiapas, México. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*(2). <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v35n2/0188-4999-rica-35-02-317.pdf>
- Coutiño, E., Pérez, R., García, R. y Herbert, L. (2010). *Plata Coloidal y Salud.: Determinación de la Actividad Citotóxica y Citogenética de la plata coloidal en linfocitos humanos*. Universidad Veracruzana. https://www.researchgate.net/publication/319493402_Plata_Coloidal_y_Salud

- Fair, G., Geyer, J. y Okun, D. (2013). *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales.: Ingeniería sanitaria y aguas residuales*. Limusa.
- Fuentes, Z., Rodríguez, O., Salazar, M. y Rodríguez, O. (2008). Factores de riesgo de las enfermedades diarreicas agudas en menores de cinco años. *Revista Archivo Médico De Camagüey*, 12(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552008000200004
- González, I. (2015). *Evaluación de la exportación de sólidos y nutrientes de dos tributarios en la microcuenca Santa Inés, Honduras* [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4505/1/IAD-2015-014.pdf>
- Hilleboe, H. (2012). *Manual de Tratamiento de Aguas*.
- Huezo, L. (2011). *Caracterización hidrológica y balance hídrico de la microcuenca Santa Inés, Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano., Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/407/1/IAD-2011-T015.pdf>
- Iddex. (2021). *Colilert*-18: Water analysis methods*. <https://www.idexx.com/files/colilert-18-procedure-en.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. (2013). *Estadísticas y censos REDATAM*. <http://www.redatam.org/binhnd/RpWebEngine.exe/Po>
- Jara, F., González, A. y Vergara, D. (2013). *“Agua Alcalina Diaguitanos”* [Tesis]. Universidad de Chile, Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114992/Jara%20K.,%20Flavia.pdf?sequence=4>
- Lara, H. N. y García, E. M. (2019). Prevalencia de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada en el Valle del Mezquital. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 7(21). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2019.21.69636>
- Lerma, D. (2012). *Filtros cerámicos, una alternativa de agua seguro* [Tesis]. Universidad Tecnológica de Pereria, Colombia. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2710/6281683L616.pdf;jsessionid=A4AD406546D2070D3F5426C0543BD294?sequence=1>
- López, K. (2015). *Adaptación de un sistema mecánico a un filtro artesanal artesanal de agua* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3460/1/Kevin%20Roberto%20Daniel%20L%C3%B3pez%20M%C3%A9ndez.pdf>
- López, L., Gutiérrez, P. y Mora, J. M. (2012). Macrofauna Acuática de la Quebrada Santa Inés, Subcuenca del Río Yeguaré, Honduras. *Ceiba*, 51(1), 17–28. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v51i1.646>
- Lumba, N., Orihuela, S. y Porras, L. (2019). Desinfección del agua para consumo humano mediante el uso de filtro de arcilla y plata coloidal en sector urbano de Lurigancho-Chosica. *Revista De Investigación: Ciencia, Tecnología Y Desarrollo*, 5(2). <https://doi.org/10.17162/rictd.v5i2.887>
- Macario, S. (2015). *Dotación de ecofiltros y formación comunitaria a través de fascículo pedagógico para la prevención de enfermedades gastrointestinales en la comunidad de Panimache Segundo, del municipio de Santo Tomás Chichicastenango, Quiché.: La salubridad y el uso del ecofiltro* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_6294.pdf

- Mayhua, Y. (2017). *Eficiencia de filtros a diferentes concentraciones tipo 1 y 2 de arcilla, aserrín y plata coloidal en aguas del canal de regadío Chuquitanta para recuperar agua categoría 3.: Resultados* [Tesis]. Universidad César Vallejo, Perú. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13999/Mayhua_TYN.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Murphy, S. (2007). *General Information on Solids.: Total Suspended Solids*. City of Boulder/USGS Water Quality Monitoring. <http://bcn.boulder.co.us/basin/data/NEW/info/TDS.html>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad de agua potable.: Las Guías: un marco para la seguridad del agua de consumo*. Ediciones de la OMS, Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares.: Red internacional para la promoción del tratamiento y el almacenamiento seguro del agua doméstica*. (Organización Mundial de la Salud).
- Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. (2014). *Sistema de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades: Tecnología de Pequeños Sistemas de Abastecimiento de Agua en Países en Desarrollo*.
- Peña, H., Solanes, M. y Jouravlev, A. (2019). *Proceso Regional de Las Américas Foro Mundial del Agua 2018: El agua como motor de desarrollo*. <https://doi.org/10.18235/0001704>
- Peréz, A. y Fargas, M. (2017). *Manual Técnico para la gestión comunitaria de sistemas de agua* (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres).
- Pinel, M. (2005). *Análisis de Situación de Salud según Condiciones de Vida: Nivel Nacional, Regional y de Área*. <http://www.bvs.hn/E/pdf/AnalisisSalud.pdf>
- Pure Water for the World. (2016). *Compendium de temas de salud, higiene y saneamiento para docentes*. <https://www.unicef.org/honduras/media/1181/file/Compendio%20temas%20ASH%20para%20docentes.pdf>
- Norma de Calidad de agua de Honduras (1995 y rev. 04.10.1995).
- Romero, J. (2009). *Calidad de agua*. Editorial escuela colombiana de ingeniería.
- Romero, M. y Mejillón, M. (2018). *“Elaboración de un filtro de barro compuesto de arcilla roja, óxido de grafeno y nanopartículas de plata para el tratamiento de aguas de río chimbo*. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33471/1/401-1336%20-%20Elaborac%20filtro%20barro%20compuesto%20de%20arcilla%20roja.pdf>
- Rozas, P. (2011). *Universalización del acceso a los servicios de agua y saneamiento: problemas de un desafío pendiente.: División de Recursos Naturales e Infraestructura*. <https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/rozasportugues.pdf>
- Smet, J. y van Wijk, C. (Eds.). (2002). *Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnership*.
- Solís, Y., Zúñiga, L. y Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología En Marcha, Vol. 31-1*, Pág 35-46. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>
- Talavera, M., Apazaa, I., Vera, C., Alvarez, J. y Benavente, L. (2018). *Aplicación del nanocomposito arcilla – carboximetilquitosano- nanopartículas de plata en filtros para el tratamiento de aguas de*

consumo de zonas rurales de Camaná, Arequipa. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000400010

Trevett, A., Carter, R. y Tyrrel, S. (2004). *Water quality deterioration: A study of household drinking water quality in rural Honduras*. Cranfield University. <https://doi.org/10.1080/09603120410001725612>

Vidal, S. (2010). *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.: Resultados* [Tesis]. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2086/628352V648.pdf;jsessionid=0ACEE7C2F9785B6FFC02F2BA82E4D7D4?sequence=1>

Zapata, K. (2020). *Análisis de la Calidad de Agua y la Percepción de las Fuentes Naturales de la Microcuenca del Río Pixquiac, Veracruz, México* [Tesis]. Universidad Veracruzana, México. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42330/ZapataCuellarKarina.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Anexos

Anexo A

Encuesta de percepción de calidad de agua

ENCUESTA SOBRE PERCEPCION DE LA CALIDAD DE AGUA DE MICROCUENCA DE SANTA INES

Introducción:

Saludo: Buen día. Se está realizando un estudio para **comprender las causas del nivel de aceptación que presenta la calidad de agua de consumo doméstico por parte de la población de las comunidades de la microcuenca Santa Inés**. La información servirá para elaborar una estrategia con el objetivo de mejorar la calidad de agua. Los datos que nos proporcione serán confidenciales. Siéntase libre de responder la encuesta. No existen respuestas malas.

Encuestador: _____

Comunidad: _____ Municipio: _____

Dirección de la vivienda: _____

Fecha de la encuesta: _____

Coordenadas GPS: X _____ y _____ Z _____

SECCIÓN 1: INFORMACIÓN PERSONAL DEL ENCUESTADO/DA

Nombres y apellidos _____

1. Sexo: (1) Femenino _____ (2) Masculino _____

2. Número de Celular _____ 4. Edad _____

3. Nivel educativo (**indique el último grado que alcanzó**):

(0) No sabe leer ni escribir _____ (1) Primaria _____ (2) Secundaria _____

(3) Técnico _____ (4) Universitario _____ (5) Postgrado _____

4. Estado civil: (1) Soltero/a _____ (2) Casado/a _____ (3) Unión libre _____

(4) Separado/a _____ (5) Viudo/a _____

5. Ocupación actual: (1) Agricultor/Ganadero _____ (2) Jornalero al día _____ (3) Comerciante _____
(4) Oficios domésticos remunerados _____ (5) Forestal _____ (6) Empleado de empresa privada _____
(7) Empleado del sector público _____ (8) desempleado _____ (9) Otro _____
Especifique _____

6. ¿Cuántas personas viven en su hogar? _____ total

7. Adultos mayores (>60 años) _____ (3) Adultos (16 – 59 años) _____

8. Adolescentes (9-15 años) _____ (4) niños (<9 años) _____

Sección 2: Percepción sobre la calidad del agua

Marque con una x en las casillas, según lo que se le pide. Complete si es necesario.

¿Cuándo considera usted, que el agua es buena?, ¿que contiene?, ¿cómo la mira?

9. Considera que el agua que recibe del proyecto comunitario es de buena calidad:

☐ SI

☐ NO

Si su respuesta es NO, explique:

10. Comúnmente, ¿de qué color llega el agua?

☐ Café.

☐ Sin color.

☐ Amarilla

☐ Otro. _____

☐ Casi sin color.

11. El agua presenta olor:

☐ SI

☐ NO

12. El agua presenta sabor:

☐ SI

☐ NO

13. ¿Qué opina sobre el gusto del agua?

☐ Muy buena

☐ Regular

☐ Buena

☐ Mala

14. Está satisfecho con el servicio que recibe del proyecto de agua:

☐ Muy satisfecho

☐ Poco satisfecho

☐ Satisfecho

☐ No satisfecho

15. Marque con una x las actividades en las cuales practica el lavado de manos.

☐ Después de ir al baño.

☐ Antes de comer.

☐ Después de comer.

- ☐ Después de estar en contacto con la basura.
- ☐ Después de tocar animales y mascotas.
- ☐ Después de cambiarle el pañal a un bebé o de ayudar a un niño a usar el retrete.
- ☐ Al tener las manos visiblemente sucias.

16. ¿Usa otras fuentes de abastecimiento de agua además del proyecto comunitario?

- ☐ SÍ ☐ NO
- ☐ A VECES

Si la respuesta es sí, ¿Por qué?:

17. Actualmente, ¿cuáles otras fuentes de abastecimiento de agua utilizan para uso doméstico?

- ☐ Pozo comunal ☐ Pozo propio
- ☐ Llave comunal ☐ Comprar agua
- ☐ Lluvia ☐ Otro: _____
- ☐ Acequia

18. Si compra agua, aproximadamente ¿cuánto gasta a la semana? _____ Lps.

19. Se enferma del estómago:

- ☐ Siempre. ☐ Casi nunca.
- ☐ Casi siempre. ☐ Nunca.
- ☐ A veces.

20. ¿Cuántos de los niños han tenido diarrea en el último mes (solo niños menores de 5 años)? _____

21. Miembros de su familia presentan enfermedades diarreicas:

- ☐ SI
- ☐ NO

22. Si su respuesta es SI, ¿qué tan frecuentes son?:

- ☐ Siempre. ☐ Casi nunca.
- ☐ Casi siempre. ☐ Nunca.
- ☐ A veces.

23. ¿Almacena agua para beber en su casa?

- ☐ SI ☐ NO

¿Realiza algún tipo de tratamiento para el agua antes de beberla? ¿Cuál?

☐ Clorado

☐ Otro: _____

☐ Filtrado

☐ Ninguno

24. ¿Por qué prefiere esa forma de tratamiento de agua?

☐ Es más fácil.

☐ Costumbre.

☐ Es más efectivo.

☐ Me gusta el sabor

☐ Es de bajo costo.

☐ Otro: _____

Si usted no almacena agua, vaya a la pregunta 29.

25. ¿Almacena el agua en recipientes previamente lavados?

☐ SI

☐ NO

26. Utiliza jabón o detergente al lavarlo:

☐ SI

☐ NO

27. Al almacenar el agua, ¿por cuánto tiempo la mantiene en el recipiente?

☐ Menos de un día.

☐ 2 días.

☐ 1 día.

☐ 3 días o más.

28. ¿Con qué saca el agua que está guardada antes de consumirla?

☐ Vaso/posillo

☐ Llave

☐ Guacal

☐ Otro: _____

☐ Cucharón

29. ¿Dónde mantiene el utensilio con el que saca el agua?

☐ Aire libre

☐ Cubierto

☐ En el recipiente

☐ Guardado

30. ¿De qué material es el recipiente que utiliza?

Tipo	Tapado	
Botellas__	Si__	No__
Tambo plástico__	Si__	No__
Vasija de barro__	Si__	No__
Baldes__	Si__	No__
Pilas__	Si__	No__
Barriles metálicos__	Si__	No__
Latas__	Si__	No__
Cisterna__	Si__	No__
Otro:_____	Si__	No__

31. ¿Estarían interesados en adquirir un Ecofiltro®?

- ☐ SI
☐ NO

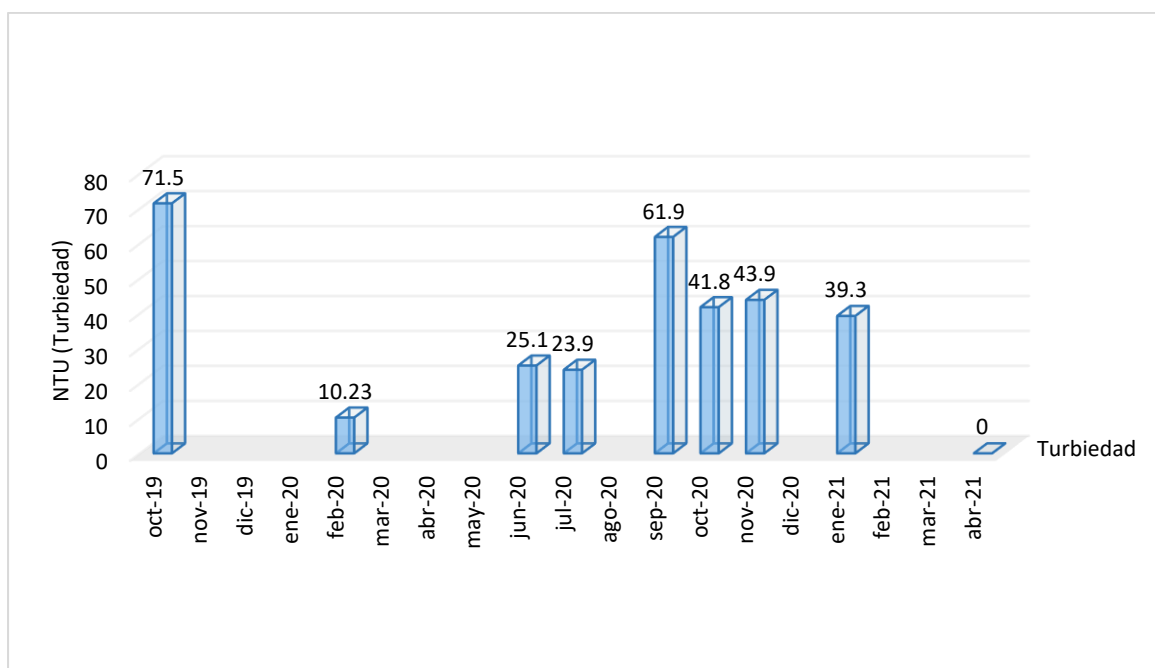
32. ¿Por qué?

33. Aceptaría que se tomen muestras de agua en su vivienda para analizarlas:

- ☐ SI
☐ NO

Anexo B

Turbiedad registrada en Santa Inés en los últimos tres años



Anexo C

Encuesta de aceptación del Ecofiltro®

Introducción:

Saludo: Buen día. Se está realizando un estudio para **comprender las causas del nivel de aceptación que presenta la calidad de agua proveniente del Ecofiltro® utilizada para consumo doméstico por parte de la población de las comunidades de la microcuenca Santa Inés**. La información servirá para elaborar una estrategia con el objetivo de mejorar la calidad de agua. Los datos que nos proporcione serán confidenciales. Siéntase libre de responder la encuesta. No existen respuestas malas.

Percepción sobre la calidad del agua

Marque con una x en las casillas, según lo que se le pide. Complete si es necesario.

1. ¿Cuánto tiempo lleva utilizando el Ecofiltro®?

☐ 2 meses

☐ 4 meses

☐ 3 meses

☐ Otro _____

2. ¿Considera que el agua tratada con el Ecofiltro® es de buena calidad?

☐ Buena Calidad

☐ Regular

☐ Mala Calidad

¿Por qué?:

3. Comúnmente, ¿de qué color sale el agua del Ecofiltro®?

☐ Café.

☐ Sin color.

☐ Amarilla

☐ Otro. _____

☐ Casi sin color.

4. El agua del Ecofiltro® presenta olor:

☐ SI

☐ NO

5. El agua del Ecofiltro® presenta sabor:

☐ SI

☐ NO

6. ¿Qué opina sobre el gusto del agua del Ecofiltro®?

☐ Muy buena

☐ Regular

☐ Buena

☐ Mala

7. Está satisfecho con el agua que recibe del Ecofiltro®:

☐ Muy satisfecho

☐ Poco satisfecho

☐ Satisfecho

☐ No satisfecho

Uso y mantenimiento.

8. ¿Con qué frecuencia usa el Ecofiltro®?

☐ Siempre.

☐ Casi nunca.

☐ Casi siempre.

☐ Nunca.

☐ A veces.

9. ¿Es suficiente el agua que trata para cubrir las necesidades de su familia en un día?

☐ SI

☐ NO

10. ¿Usa otras fuentes de abastecimiento de agua además del Ecofiltro®?

☐ SÍ

☐ NO

☐ A VECES

Si la respuesta es sí, ¿Cuáles?:

¿Realiza algún tipo de tratamiento para el agua antes de beberla? ¿Cuál?

☐ Clorado

☐ Filtrado

☐ Ninguno

☐ Otro:_____

11. ¿Le realiza mantenimiento al Ecofiltro®?

☐ SI

☐ NO

12. Si su respuesta es SI, ¿Qué tan frecuente?

☐ 3 veces a la semana

☐ 2 veces al mes

☐ 2 veces a la semana

☐ 1 vez la semana

- ☐ 1 vez cada 3 meses

Aceptación

13. ¿Le ha gustado utilizar el Ecofiltro®?

- ☐ SI
☐ NO

14. ¿Por qué?

15. ¿Ha notado algún beneficio?

- | | |
|---|--|
| ☐ Mejor sabor. | ☐ Agua más limpia (sin tierra o solidos suspendidos). |
| ☐ Ausencia de color. | |
| ☐ Ausencia de olor. | ☐ Otro _____ |

16. ¿Ha notado algún inconveniente?

17. ¿Recomendaría el uso a otras familias? ¿por qué?

Anexo D

Presencia y frecuencia de las enfermedades estomacales en la población

Pregunta	Si	No	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
Miembros de su familia presentan enfermedades diarreicas	13 (22%)	43 (73%)	-	-	-	-	-
Se enferma del estómago	-	-	0 (0%)	5 (8.5%)	10 (17%)	24 (40.7%)	16 (27.1%)
¿Qué tan frecuentes son?	-	-	0 (0%)	1 (1.7%)	7(11.9%)	5 (8.5%)	

Anexo E

Tipos de tratamientos y preferencias

Pregunta	Clorado	Filtrado	Ninguno	Hervido	
¿Realiza algún tipo de tratamiento para el agua antes de beberla? ¿Cuál?	25 (42.4%)	13 (22%)	19 (32.2%)	2 (3.4%)	
¿Por qué prefiere esa forma de tratamiento de agua?	Más fácil 9 (15.3%)	Más efectivo 17 (28.8%)	Bajo costo 1 (1.7%)	Costumbre 10 (17%)	Sabor 1 (1.7%)

Anexo F

Prácticas de almacenamiento

Pregunta	Si	No					
¿Almacena agua para beber ?	51 (86.4%)	6 (10.1%)	-	-	-	-	-
¿Almacena el agua en recipientes previamente lavados?	51 (86.4%)	1 (1.7%)					
Utiliza jabón o detergente al lavarlo	50 (84.8%)	2 (3.7%)					
¿Utiliza tapadera?	54 (81.36%)	0 (0%)					
¿Cuántos días esta guardada antes de consumirla?	-	-	Menos de un día 3 (5%)	Un día 21 (35.6%)	Dos días 15 (25.4%)	Tres o más días 13 (22%)	
¿Con qué saca el agua que está guardada antes de consumirla?	-	-	Vaso/Posill o 39 (66.1%)	Guacal 2 (3.4%)	Cucharon 0 (0%)	Llave 7 (11.9%)	Otro 3 (5%)
¿Dónde mantiene el utensilio con el que saca agua?	-	-	Aire libre 4 (6.8%)	Cubierto 21 (35.6%)	En el recipiente 3 (5%)	Guardad o 22 (37.2%)	Aire libre 4 (6.8%)
¿De qué material es el recipiente que utiliza?	-	-	Botellas 16 (27.1%)	Tambos plásticos 22 (37.3%)	Vasija de barro 5 (8.5%)	Baldes 20 (34%)	Pilas 5 (8.5%)

Anexo G

Interés en la adquirir Ecofiltro® y permitir realizar muestras en su domicilio

Pregunta	Si	No
¿Estarían interesados en adquirir un Ecofiltro®?	59 (100%)	0 (0%)
Aceptaría que se tomen muestras de agua en su vivienda para analizarla.	59 (100%)	0 (0%)