

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**TRATAMIENTO DE AGUA EN EL HOGAR Y ALMACENAMIENTO
SEGURO PARA LA COMUNA DE SAN RAFAEL- CHECA, CANTÓN
QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA.**

**MEJORES ALTERNATIVAS PARA EL ALMACENAMIENTO
DOMÉSTICO DEL AGUA PARA LA COMUNA DE SAN RAFAEL-
CHECA, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

ALISON CAROLINA BETANCOURT SÁNCHEZ

DIRECTOR: FIS. ING. M.SC. FERNANDO EDMUNDO CUSTODE MEJÍA

DMQ, ENERO 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Alison Carolina Betancourt Sánchez declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

ALISON CAROLINA BETANCOURT SÁNCHEZ

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Alison Carolina Betancourt Sánchez, bajo mi supervisión.

FIS. ING. M.SC. FERNANDO CUSTODE MEJÍA

DIRECTOR

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.

NOMBRE_REVISOR1
REVISOR1 DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

NOMBRE_REVISOR2
REVISOR2 DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

ALISON CAROLINA BETANCOURT SÁNCHEZ

FIS. ING. M.SC. FERNANDO CUSTODE MEJÍA

NOMBRE_COLABORADOR(ES)

DEDICATORIA

A mi hijo Samuel Betancourt, a mis alumnos, a mi familia y a todas las mujeres que luchan cada día por florecer.

A mis amigos Andresin, Ale Analuiza, Ale Palma, Ale Bravo y a Ale Ortiz por su apoyo y acompañamiento en esta etapa. A todos los Oned's.

A la comunidad de San Rafael, que se vean realmente beneficiados por este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Agua Segura	3
1.4.2 Agentes Patógenos en agua de consumo	3
1.4.3 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua	4
1.4.4 Consumo de Agua y dotación	6
1.4.5 Medios de contaminación biológica del agua por heces	6
1.4.6 Tratamiento y almacenaje seguro de agua en los hogares	7
1.4.7 Marco Normativo	7
2 METODOLOGÍA	8
2.1 Área de Estudio	8
2.1.1 Meteorología	9
2.1.2 Componente Socioeconómico	13
2.2 Muestreo	18
2.2.1 Selección de puntos de muestreo	18
2.3 Encuestas	19
2.4 Trabajo de campo	20
2.4.1 Parámetros medidos en campo	20
2.5 Análisis de parámetros en laboratorio	22
2.6 Métodos de tratamiento y almacenaje seguro	26

2.7	Análisis de metodologías de almacenaje seguro.	29
3	PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
3.1	Pruebas	32
3.1.1	Evaluación de la encuesta	32
3.2	Evaluación de la Calidad del agua	43
3.2.1	Agua cruda y agua tratada	43
3.2.2	Parámetros de almacenamiento	43
3.3	Manual de tratamiento, almacenaje seguro y capacitación	45
3.3.1	Manual de tratamiento y almacenaje seguro	45
3.3.2	Capacitación	45
3.4	Conclusiones	54
3.5	Recomendaciones	56
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	Bibliografía	57
5.	ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama “F” sobre las vías de contaminación por heces fecales	7
Figura 2. Ubicación del Barrio San Rafael	9
Figura 3. Temperatura anual de Checa 2020.	10
Figura 4. Precipitación anual de Checa en 2020.	10
Figura 5. Humedad relativa del aire en 2020	11
Figura 6. Radiación solar en 2020.....	12
Figura 7. Habitantes de checa por género.....	13
Figura 8. Habitantes por edad y género de Checa.	14
Figura 9. Población en Edad de Trabajar	16
Figura 10. Tipos de vivienda en Checa.	17
Figura 11. Servicio Electrico.....	32
Figura 12. Número de Habitantes por hogar.....	32
Figura 13. Número de niños por hogar.....	33
Figura 14. Frecuencias de enfermedades diarreicas.....	33
Figura 15. Frecuencia de enfermedades diarreicas en los niños.....	34
Figura 16. Problemas de parásitos.....	34
Figura 17. Método de cocción de los alimentos.....	35
Figura 18. Facilidad de acceso a agua de consumo.....	35
Figura 19. Cantidad de llaves de agua en los hogares.....	36
Figura 20. Tipo de agua de consumo	37
Figura 21. Tipo de tratamiento casero del agua.	37
Figura 22. Material del recipiente de almacenaje	38
Figura 23. Forma del recipiente de almacenaje.....	38
Figura 24. Tipo de tapa del recipiente de almacenaje	39
Figura 25. Tamaño del recipiente de consumo.....	39
Figura 26. Período de consumo del agua almacenada.....	39
Figura 27. Frecuencia de lavado.	40
Figura 28. Método de lavado de recipientes.....	40
Figura 29. Hábitos de higiene en el manejo del agua de consumo.....	41
Figura 30. Disponibilidad al cambio de hábitos.....	41
Figura 31. Presupuesto disponible para invertir en el tratamiento.	42
Figura 32. Presupuesto disponible para invertir en el almacenaje	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividad Económica de Checa.....	14
Tabla 2. Coordenadas de las muestras de agua de almacenamiento.....	19
Tabla 3. Materiales y equipos usados en campo.	20
Tabla 4. Métodos para la caracterización del agua en el laboratorio.....	23
Tabla 5. Matriz de Evaluación cualitativa de métodos de almacenaje y tratamiento casero de agua.	31
Tabla 6. Parámetros de Calidad del agua del grifo de San Rafael.	43
Tabla 7. Parámetros de Calidad del agua de almacenamiento analizados en laboratorio.	44
Tabla 8. Parámetros de Calidad del agua almacenada medidos in situ.	44
Tabla 9. Ficha de Socialización del Manual de Tratamiento Casero y almacenaje seguro de agua.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Manual de tratamiento casero de agua y almacenaje seguro en san Rafael	62
ANEXO II. Rutas de contaminación	63
ANEXO III. Selección correcta de envases.....	64
ANEXO IV. Tríptico de la socialización. Lado A.....	65
ANEXO V. Tríptico de la socialización. Lado B	66
ANEXO VI. Hoja de registro de la capacitación.....	67

RESUMEN

La falta de cobertura de agua potable para ciertas zonas rurales del Ecuador es una realidad por ello es importante brindar herramientas para el acceso a agua segura cuando las respectivas entidades públicas y privadas no brindan el servicio de potabilización.

El Barrio San Rafael es una comunidad rural ubicada en la provincia de Pichincha, cuya agua de consumo proviene de una red de distribución de agua de riego, es decir, no cuenta con tratamiento de potabilización. El presente trabajo de integración curricular analizó los hábitos de manejo del agua en los hogares previo a su consumo, con enfoque en el almacenamiento de agua mediante una encuesta y el análisis de 6 parámetros de calidad del agua almacenada. Los valores resultantes de cada parámetro fueron comparados con la norma INEN 1108 encontrándose inconformidades con la turbidez, color y coliformes fecales. Se evidenció que el agua almacenada sufre contaminación biológica. En base a los datos de la encuesta y de los parámetros de calidad el agua se evaluaron 6 alternativas de tratamiento y almacenaje considerando aspectos económicos, técnicos y de facilidad de manejo. Se seleccionó como metodología el uso de sobres de coagulación y floculación acompañado de la creación de un manual de almacenaje seguro, con énfasis en los hábitos de higiene en la manipulación del agua y la selección correcta de recipientes. El manual fue sociabilizado con parte la población con el fin de que conozcan el modo correcto de tratar y almacenar su agua correctamente de forma casera.

PALABRAS CLAVE: agua segura, calidad del agua, contaminación biológica, tratamiento casero, almacenaje seguro, socialización.

ABSTRACT

The lack of drinking water coverage for certain rural areas of Ecuador is a reality, which is why it is important to provide tools for access to safe water when the respective public and private entities do not provide the purification service.

Barrio San Rafael is a rural community located in the province of Pichincha, whose drinking water comes from an irrigation water distribution network, that is, it does not have drinking water treatment. This curricular integration work analyzed water management habits in households prior to consumption, with a focus on water storage through a survey and the analysis of 6 quality parameters of stored water. The resulting values of each parameter were compared with the INEN 1108 standard, finding nonconformities with turbidity, color and fecal coliforms. It was evidenced that the stored water suffers from biological contamination. Based on the survey data and the water quality parameters, 6 treatment and storage alternatives were evaluated considering economic, technical and ease of handling aspects. The use of coagulation and flocculation envelopes was selected as a methodology, accompanied by the creation of a safe storage manual, with emphasis on hygiene habits in water handling and the correct selection of containers. The manual was socialized with part of the population so that they know the correct way to treat and store their water correctly at home.

KEYWORDS: safe water, water quality, biological contamination, home treatment, safe storage, socialization.

DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población a nivel mundial es un hecho que promueve el aumento en la demanda de recursos hídricos, tanto de forma directa para el consumo, como indirecta en producción de bienes y servicios. Para el 2050, se estima que se tendrá un incremento del 20 al 30% del uso de agua en comparación con el uso actual [1]. En el Ecuador el 30% de la población, no tiene acceso a agua potable segura, exponiéndose a contaminación fecal, fuente de patógenos causantes de enfermedades diarreicas. En Latinoamérica las enfermedades diarreicas son la segunda causa de muerte en menores de 5 años por lo que se evidencia la importancia que tiene el acceso a agua segura en la salud de la población en crecimiento. [2]

El tratamiento de agua y almacenamiento correcto en los hogares supone un importante método de mejora de la calidad del agua para que esta sea segura de consumir en lugares donde no existe una red de distribución de agua potable [1]. En 2003 se crea la “Red internacional para la promoción del tratamiento y el almacenamiento seguro del agua doméstica” llamada “La Red”, con el fin de brindar las herramientas investigativas y de información a poblaciones que no disponen de agua mejorada para que se hagan cargo de la salubridad del agua del consumo. Esta red, con ayuda de la Organización mundial de la Salud (OMS) brinda metodologías para tratar el agua de forma casera, como el filtrado, la coagulación, sedimentación y desinfección del agua para eliminar o disminuir la carga de patógenos. De la mano del tratamiento, se encuentra el correcto almacenaje del agua y buenos hábitos de higiene, que son un aspecto importante para evitar la recontaminación del recurso, pues la entrada de patógenos anularía los beneficios del tratamiento. [3]

En un estudio realizado por Fewtrell en 2005 [4], se evidencia que los episodios diarreicos se reducen en un 32 % mejorando el saneamiento, un 45 % con el lavado de manos y un 39 % con el tratamiento y el almacenaje seguro del agua de forma doméstica. Por otro lado, se tienen que las intervenciones domésticas disminuyen a la mitad los episodios diarreicos y la morbilidad causada por los mismos [5] [6].

En la Parroquia de Checa, ubicada al nororiente del distrito metropolitano de Quito, a 2960 msnm, existen un barrio, llamado San Rafael, donde no se cuentan con una red de abastecimiento de agua potable. Las 50 familias que habitan el área toman el agua de un río y la redirigen mediante tuberías a dos reservorios y posteriormente a sus domicilios sin

previo tratamiento. Por tanto, es necesario indagar sobre los tratamientos, el modo de almacenamiento del agua que consumen y sus hábitos de higiene, para así asegurar mediante una metodología de almacenamiento y cuidado del agua caseros, que su recurso de consumo sea seguro y no suponga un riesgo importante a su salud.

1.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de las mejores alternativas para almacenamiento seguro de agua tratada de forma casera, mediante la identificación de hábitos de la población de Checa y la evaluación del estado del agua de consumo estableciendo una metodología adecuada para mantener el agua segura hasta el momento de consumo, y socializándola con el fin de salvaguardar la salud de la población.

1.2 Objetivos específicos

1. Conocer las prácticas de los pobladores respecto a los cuidados que tienen al manejar el agua de consumo y su almacenaje mediante la inspección visual, encuestas a la población y caracterización del agua almacenada con los parámetros: Sólidos totales, Sólidos Totales suspendidos, pH, conductividad, Dureza, Oxígeno Disuelto, turbiedad, color, Coliformes Fecales y Totales.
2. Analizar alternativas para el almacenaje seguro del agua tratada que se ajuste a las condiciones socioeconómicas y hábitos de la población comparando los métodos sugeridos por “La Red” de la OMS y el método ocupado en la población, generando una matriz de análisis cualitativo para seleccionar la mejor opción en base a puntajes asignados.
3. Socializar las prácticas seguras para tratamiento, el almacenaje y manejo del agua de consumo a los pobladores de la zona, mediante una capacitación donde se brinde el manual de tratamiento casero y almacenaje seguro junto con el fin de salvaguardar su salud al consumir agua tratada.

1.3 Alcance

En primer lugar, se debe realizar un resumen en base a una revisión bibliográfica sobre las diferentes metodologías de almacenamiento y hábitos que colaboren a conservar el agua segura hasta el consumo, para ellos se ocuparán como guía los documentos y publicaciones de la Organización Mundial de la Salud, de UNICEF, de diferentes ONG y del ministerio de salud del Ecuador.

Es necesario conocer cuál es la situación actual de la población de Checa, para ello se formulará una encuesta, en donde se recopile información sobre el origen del agua, el uso que se le da, la metodología de desinfección y sobre todo del almacenaje, donde se incluya, el material y tipo de recipiente, la frecuencia de limpieza, los hábitos de higiene al manipular el agua de consumo entre otros aspectos relacionados. Por otro lado, se tomarán muestras del agua almacenada en las casas, para evidenciar el estado del recurso mediante el análisis de parámetros como turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, DQO, pH, conductividad, dureza y coliformes fecales y totales.

Una vez identificada la realidad de la población y del agua de consumo almacenada, se procederá a seleccionar la opción adecuada de almacenamiento para aplicarla, en conjunto con medidas de higiene que eviten la recontaminación. Para ello, se realizará una matriz de análisis cualitativo, donde se colocarán ponderaciones en cada factor, como costo, disponibilidad, facilidad de manejo, eficacia en cada una de las alternativas de manera que se seleccione la correcta para la población.

La metodología de tratamiento y almacenaje seleccionada se incluirá en un corto manual gráfico para que sea entendible para toda la población.

Posteriormente se tiene la etapa de socialización. Es importante considerar la capacitación, pues de ella depende que la población adquiera los hábitos para asegurar la mejora de su agua de consumo. Se facilitará la información tanto de forma escrita como digital de modo que esté disponible para la población y se pueda salvaguardar la salud de la población al disminuir la exposición a patógenos en el agua.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Agua Segura

El agua de consumo humano dentro de sus características físicas químicas y microbiológicas no debe suponer un riesgo significativo para la salud del consumidor en su uso, ya sea para consumo directo, usos domésticos o de higiene personal. [7]

1.4.2 Agentes Patógenos en agua de consumo

El agua que se encuentra en los cauces naturales sin recibir ningún tratamiento físico químico o microbiológico es llamada agua cruda [8]. Esta agua se encuentra expuesta a actividad microbiológica causante de numerosas enfermedades infecciosas de origen

bacteriano, viral o parásito. Esta carga biológica supone un riesgo al ser usada como agua de consumo de forma directa. El agua de consumo debe estar exenta de microorganismos patógenos [7]. La presencia de patógenos en el agua ocasiona la muerte de 361 mil niños menores de 5 años anualmente, siendo este grupo el más vulnerable [9].

1.4.2.1. Bacterias

Las condiciones bacteriológicas del agua para consumo son de suma importancia desde una perspectiva sanitaria. La presencia de enterobacterias en el agua esta usualmente asociada a contaminación fecal. Bacterias como la *Salmonella*, *Shigella*, y *Klebsiella* son causantes de gastroenteritis, disentería y fiebre tifoidea respectivamente. Sin embargo, en el agua se pueden encontrar otros grupos de bacterias como los *Vibrios Cholerae* responsables del cólera, no asociados a la presencia de heces. Las bacterias tienen una alta tasa de eliminación al filtrar el agua y desinfectarla [10].

1.4.2.2. Virus

Son los agentes patógenos más difíciles de eliminar ya que suelen ser menos sensibles a la desinfección que las bacterias. Dentro de los virus patógenos presentes en el agua tenemos al rotavirus, principal causa de gastroenteritis en infantes con el potencial de causar la muerte. Adicionalmente se tienen a los virus de la hepatitis A y E y la Polio [7].

1.4.2.3. Protozoos

Son microorganismos que se encuentran en agua contaminada con heces fecales, estos son causantes de enfermedades como la giardiasis, donde los quistes de la *Giardia Lamblia* son consumidos causando diarrea, dolores estomacales, mareos y vómitos; el *Cryptosporidium parvum* tiene los mismos síntomas, y es más difícil de eliminar en la desinfección. El protozoo parásito más común, es la ameba *Entamoeba histolytica* [10].

1.4.2.4. Huevos de Helminetos

Son organismos pluricelulares, nematodos de vida libre que se encuentran en el suelo y en el agua. Los más conocidos son: *Taenia solium*, *Ascaris lumbricoides* y *Trichuris trichiura*, Se transmiten por las heces humanas cuando hay mal saneamiento. Las helmintiasis son de las enfermedades por parásitos más comunes. [7]; [11].

1.4.3 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua

Según el acuerdo Ministerial 028 [12] , los parámetros son variables del recurso agua que sirve para caracterizar la calidad del mismo, es decir, detallar el estado de un cuerpo hídrico

comparando valores establecidos en la norma NTE INEN 1108 para agua de consumo con los resultados de los análisis de las muestras de agua.

1.4.3.1 Parámetros físicos

Temperatura

La temperatura del agua tendrá un factor preponderante en el comportamiento microbiológico ya que una temperatura alta favorece a la proliferación de microorganismos además de que puede asociarse a problemas de sabor, corrosión y conductividad. Por otro lado, también afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua, es decir, mantienen una relación inversamente proporcional [7].

Conductividad

La conductividad eléctrica indica la capacidad que tiene el agua de transportar corriente por el medio y se la expresa en micro siemens por centímetro. Esta magnitud está íntimamente relacionada con la cantidad de sales disueltas, se lo utiliza como medidor indirecto de dureza del agua [13].

Turbidez

Es un reflejo aproximado del contenido de materias coloidales orgánicas o minerales en un medio acuoso, por tanto, se lo toma como indicio de contaminación, ya que un alto valor de turbidez equivale a mayor presencia partículas donde los microorganismos se protegen de la acción de los métodos de desinfección [14].

Sólidos totales

Los sólidos totales contenidos en el agua corresponden a la materia que permanecen como residuos después de la evaporación y secado de una muestra. El valor de los sólidos totales incluye sólidos disueltos y sólidos suspendidos [15].

1.4.3.2 Parámetros Químicos

Dureza

Este término hace referencia a la presencia de sales de calcio y magnesio en el agua, que suele ponerse en manifiesto por la necesidad superior de ocupar jabón, y al dar un sabor particular al agua, sin embargo, no hay un valor de referencia que evidencie riesgos para la salud [7]

Demanda Química de Oxígeno

Determina la cantidad de materia existente en la muestra con la capacidad de disminuir la presencia del oxígeno disuelto en el agua y por tanto afectar en la calidad de la misma [16]

Oxígeno Disuelto

Es la concentración de oxígeno presente en el agua; depende de la temperatura y la salinidad, la turbulencia y de la actividad fotosintética del medio, no existe un valor de referencia de concentración en cuanto a afectaciones de la salud en agua de consumo. [7].

1.4.3.3 Parámetros Biológicos

Coliformes fecales

Para el control de la calidad microbiológica del agua se usan generalmente microorganismos indicadores de contaminación por heces fecales. El *Escherichia coli* es la bacteria más frecuentemente usada como indicador, pues, al ser de origen entérico en animales proporciona información sobre la de presencia heces en el agua y por tanto en este medio existe la probabilidad de que estén presentes otros organismos patógenos. [10]

1.4.4 Consumo de Agua y dotación

Al ser el agua un recurso vital y de uso continuo, este debe estar disponible de forma continua y en la cantidad suficiente. El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de operaciones unitarias o estructuras que permiten captar el agua cruda para el consumo [2]. La cantidad y tipo de unidades del sistema de abastecimiento dependerá del lugar y sus condiciones, sin embargo, de manera general, cuentan con: Obras de captación, líneas de conducción (por gravedad o bombeo), planta de tratamiento, tanques de almacenamiento o reserva, red de distribución, conexiones domiciliarias [17].

1.4.5 Medios de contaminación biológica del agua por heces

Existen diversos medios por los cuales los patógenos presentes en las heces fecales de una persona enferma llegan a la fuente de consumo de una persona o comunidad. Dichos métodos pueden ser directos o indirectos. En este sentido, se utiliza el diagrama "F" para la ilustración de las diversas vías de contaminación del agua por heces fecales. Su nombre se debe a que todas sus vías de contaminación empiezan con la letra "F" en inglés: i) fluidos o agua de consumo (*fluids*), ii) comida (*food*), iii) mosquitos (*flies*), iv) campos (*fields*) suelo y/o cultivos, y v) dedos (*fingers*) [18].

De igual manera el diagrama “F”, señala las diferentes vías directas y/o indirectas que siguen las heces hacia un nuevo huésped. Como podemos ver en la figura ..., por medio de diversas barreras como la sanitización, mejora en la calidad del agua, aumento de la cantidad agua, o lavado de manos se cortarían dichas vías de contaminación .

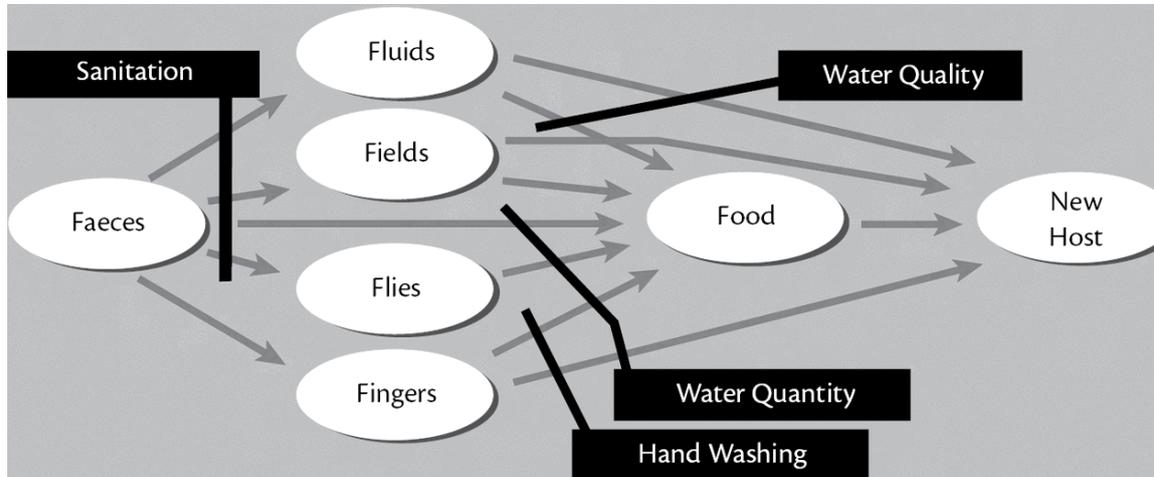


Figura 1. Diagrama “F” sobre las vías de contaminación por heces fecales

Fuente: OMS 1958 [19].

1.4.6 Tratamiento y almacenaje seguro de agua en los hogares

La contaminación del agua por heces fecales se puede dar por diversas vías como la fuente del agua, tipos de recipientes, tratamiento inadecuado o en el almacenaje [19].

Debido a la falta de una planta de potabilización en todas las zonas rurales la población se ve en la obligación de realizar un tratamiento casero del agua para salvaguardar su salud. Entre dichos métodos de tratamientos caseros se encuentran la filtración, el hervido, método SODIS, el uso del cloro, la coagulación y floculación [6]. En función del lugar, caracterización del agua y condiciones socioeconómicas de las comunidades se selecciona el método adecuado para el tratamiento del agua.

1.4.7 Marco Normativo

Dentro de los derechos nombrados en la Constitución de la República del Ecuador [20], se encuentra es del derecho al agua como elemento esencial de la vida, y de forma más exacta señala el derecho al agua potable, íntimamente relacionado con el derecho a la salud. Por tanto, el estado toma la responsabilidad de proveer servicios públicos de agua potable, de riego y saneamiento.

La Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua [21], también reconoce el derecho al agua para uso personal y doméstico, actual y para futuras generaciones. Por otro lado, establece políticas para la calidad del agua y el control de la contaminación de esta.

Para el establecimiento de Límites Máximos permisibles (LMP), en los parámetros que definen la calidad del agua, se tiene al Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, TULSMA, que otorga los criterios necesarios para reconocer los tipos de tratamiento y usos que se debe dar al agua.

La entidad pública encargada de formular reglamentación técnica para una gestión de calidad integral es el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, quien recopila un documento donde constan los parámetros físicos, químicos y biológicos de calidad del agua potable en la norma técnica NTE INEN 1108 que aplica para redes de distribución, sistemas de abastecimiento y tanqueros [8].

2 METODOLOGÍA

2.1 Área de Estudio

La parroquia Checa se constituye de 17 barrios y 1 comuna, el barrio San Rafael pertenece a la parroquia Checa, misma que está ubicada al nororiente de Quito y tiene una extensión de 116.28 km². Limita al norte con la Parroquia El Quinche, al sur con la parroquia Yaruquí, al este con la parroquia Pifo [22].

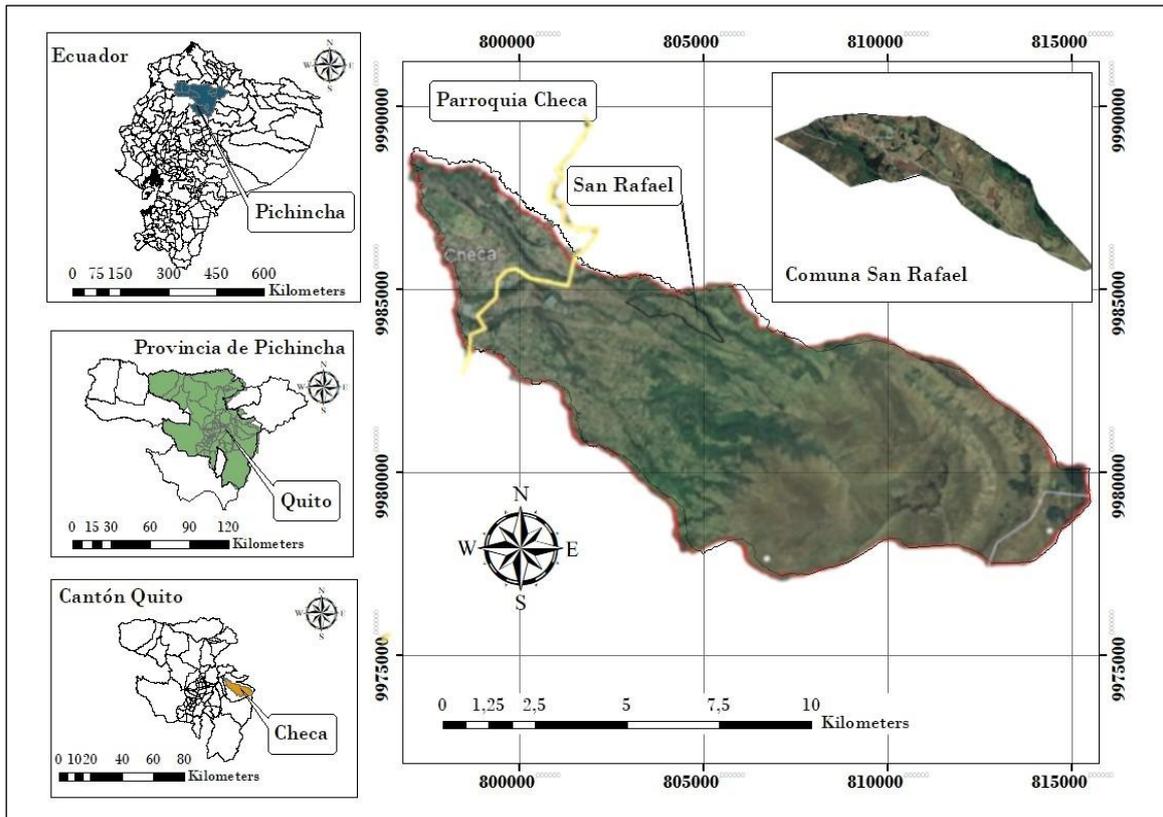


Figura 2. Ubicación del Barrio San Rafael

Fuente: IGM, 2020 [23].

El Barrio San Rafael con un área aproximada de 132 hectáreas, se encuentra limitada al norte por la quebrada Aglla, al sur por la quebrada Müitig, al este por la hacienda Ríos y al oeste por el barrio Aglla. El área correspondiente al barrio de San Rafael es de 132 hectáreas o 1,32 km².

Al 2013, la provincia que presenta la mayor cobertura de agua potable es Pichincha con una Cobertura de agua por red pública del 94,1%, mientras que en el Cantón Quito se tiene un 96,0% [24]

2.1.1 Meteorología

Las condiciones meteorológicas se tomaron del Anuario Hidrometeorológico de la FONAG del año 2020, específicamente se consideró la estación de monitoreo Yaruquí (C06) por su cercanía a la zona de estudio [25].

TEMPERATURA

La temperatura mensual varía entre 3.6-26.4 °C, con una media mensual de 14.3 °C [25]

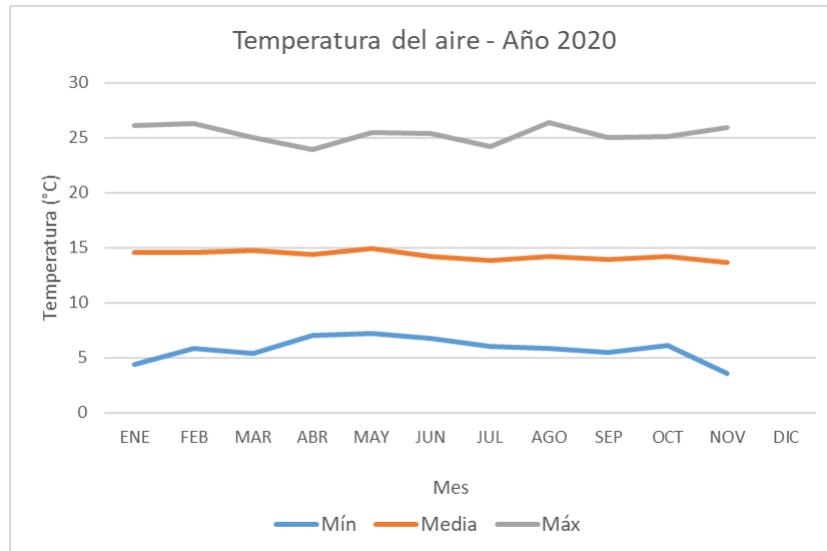
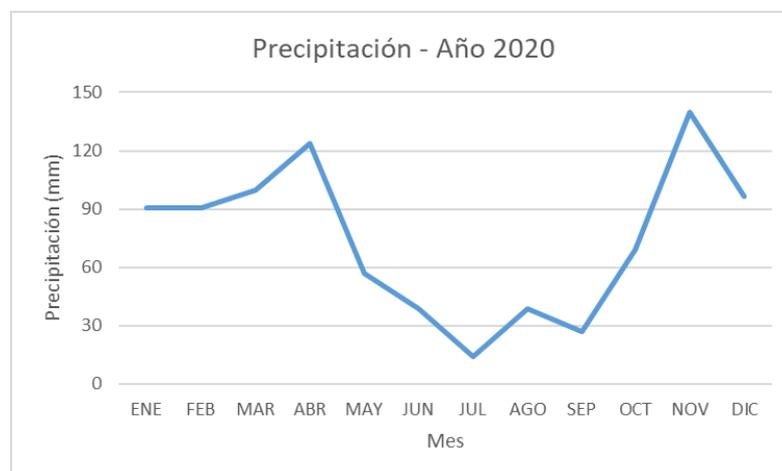


Figura 3. Temperatura anual de Checa 2020.

Fuente: FONAG-EMAPS, 2020 [25].

PRECIPITACIÓN

La precipitación mensual varía entre 13.8-139.6 mm, los mínimos se presentan en los meses junio-septiembre y los máximos en abril y noviembre, con un acumulado anual de 884.1 mm [25].



Fuente: FONAG-EMAPS, 2020 [25].

Figura 4. Precipitación anual de Checa en 2020.

HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa mensual media varía entre 72-88 %, los registros mínimos se encuentran entre 5-41 %, y el máximo mensual alcanza el 100% [25].

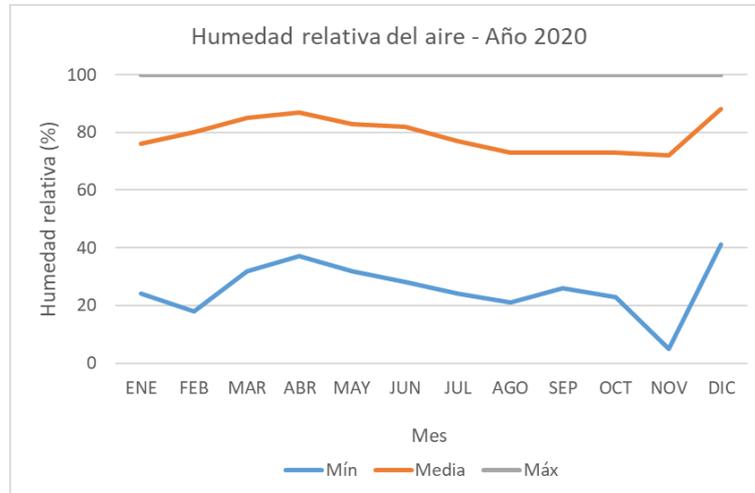


Figura 5. Humedad relativa del aire en 2020

Fuente: FONAG-EMAPS, 2020 [25].

RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar mensual promedio oscila entre 395.7-502.4 W/m², alcanzando su máximo en abril con 1451 W/m² [25].

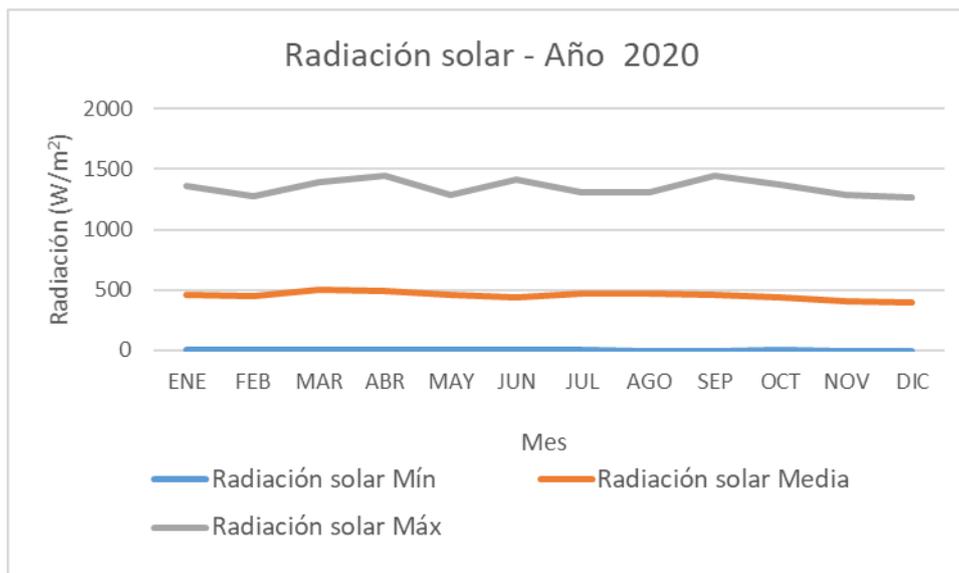


Figura 6. Radiación solar en 2020

Fuente: FONAG-EMAPS, 2020

CLIMA

La cota máxima registrada en la parroquia Checa está a 4452 m.s.n.m en el cerro Puntas y llega hasta los 2050 en los valles de Cartagena y Urabía [26], lo que hace que se presenten ecosistemas variados que incluyen al páramo y que se presenten microclimas como el subtropical [22].

Las condiciones meteorológicas del sitio permiten que se tenga un excelente nivel de radiación solar, por tal motivo la principal actividad de la zona es el cultivo de flores [22].

OROGRAFÍA

La parroquia Checa esta influenciada por cordilleras que hacen que el terreno sea irregular, lo cual es característico de la zona interandina. Tiene cercanía a las elevaciones volcánicas del Ilaló y Ñuñurco, mientras que recibe la influencia indirecta del Antisana, Sumaco y Cotopaxi [22].

GEOLOGÍA

Por estar bajo la influencia de la emanación de ceniza por la presencia de las elevaciones volcánicas citadas, el suelo de la zona de Checa se caracteriza por ser de tipo vulcano sedimentario de la edad del Holoceno (cangagua). La cangagua es un tipo de suelo

conformado de una mezcla de arena, limo y arcilla, por lo que la distribución del tamaño de las partículas presenta diversa dimensión [22].

También han sido identificados estratos volcánicos del pleistoceno, cuya estructura es arenosa limosa; sedimentos volcánicos chiche del pleistoceno, cuya composición es una mezcla de arena gruesa, ceniza y toba; así como suelo conformado de andesita porfirítica-anfibolítica [22].

HIDROGRAFÍA

El territorio de Checa se asienta sobre la sub-cuenca del río Coca y Guayllabamba, y tiene influencia de las microcuencas de los ríos Oyacachi, Uravía, Guambi y la quebrada Lalagachi [22].

2.1.2 Componente Socioeconómico

DEMOGRAFÍA

Según el último censo realizado por el INEC en 2010, la población de Checa es de 10 024 habitantes, la mayoría conformada por hombres con un 50.4 % versus un 49.6 % de mujeres [27].



Figura 7. Habitantes de Checa por género

Fuente: Carranco et al., 2012 [26].

La distribución de la edad por edades da a notar que la población entre 5 a 19 años representa el 33.2 % del total de habitantes.

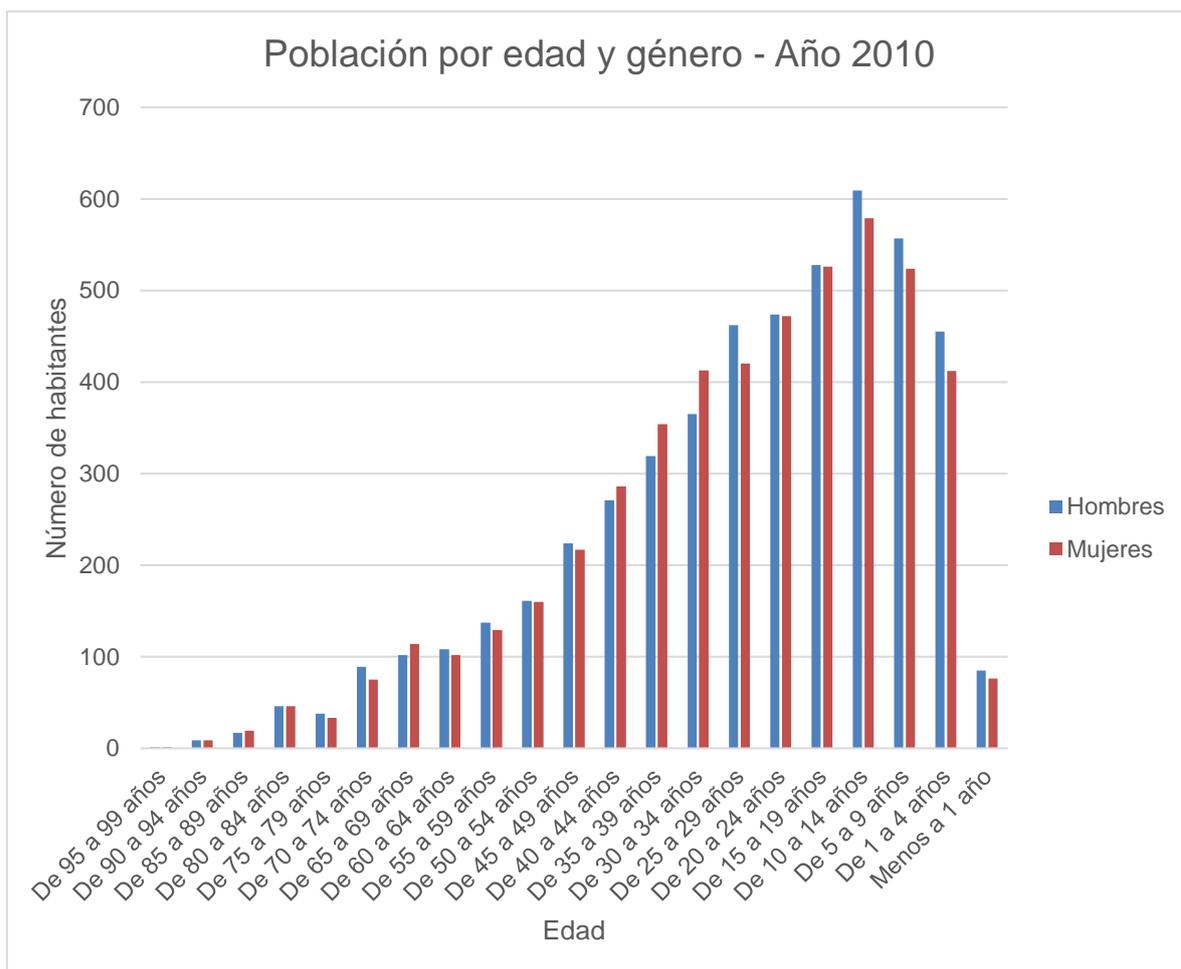


Figura 8. Habitantes por edad y género de Checa.

Fuente: Carranco et al., 2012

ACTIVIDAD ECONÓMICA

Las condiciones meteorológicas la parroquia Checa permiten que se tenga un excelente nivel de radiación solar, por tal motivo la principal actividad de la zona es el cultivo de flores, otras actividades económicas tienen que ver con la faena de pollos, la cría de peces y la producción de caramelos, todas estas actividades corresponden al sector económico primario, mientras que la transformación de los mismos al secundario; mientras que el sector terciario está representado por actividades como abastos o restaurantes [22].

Tabla 1. Actividad Económica de Checa.

Actividad Económica	Porcentaje de la población (%)
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	39.7

Explotación de minas y canteras	0.12
Industrias manufactureras	9.64
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	0.24
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	0.35
Construcción	9.13
Comercio al por mayor y menor	9.79
Transporte y almacenamiento	3.07
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	2.26
Información y comunicación	0.5
Actividades financieras y de seguros	0.24
Actividades inmobiliarias	0.17
Actividades profesionales, científicas y técnicas	1.04
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	3.21
Administración pública y defensa	1.08
Enseñanza	1.65
Actividades de la atención de la salud humana	0.97
Artes, entretenimiento y recreación	0.28
Otras actividades de servicios	0.97
Actividades de los hogares como empleadores	4.22
No declarado	9.27
Trabajador nuevo	2.1

Fuente: Carranco et al., 2012 [26]

POBLACIÓN EN EDAD DE TRABAJAR (PET)

La PET es un término que hace referencia a la población que tiene edad legal para empezar a laborar, en Checa el 59.57 % de la PET tiene trabajo (Población Económicamente Activa),

mientras que el restante 40.43 % no labora por diversos motivos como: jubilados, discapacitados, amas de casa, estudiantes (Población Económicamente Inactiva) [26].

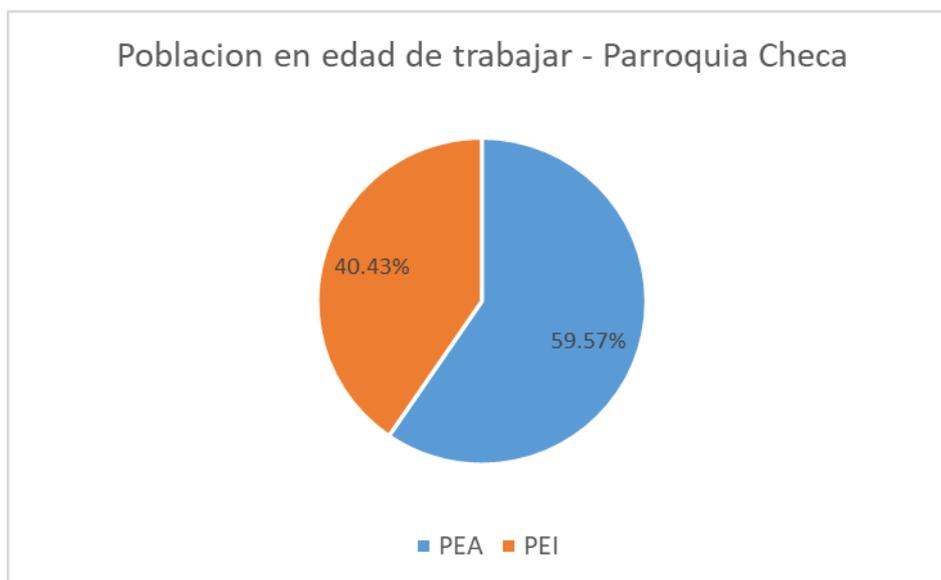


Figura 9. Población en Edad de Trabajar

Fuente: Carranco et al., 2012 [26].

INSTRUCCIÓN ESCOLAR

El 39.05 % de los habitantes han cursado la educación básica, seguido por el 23.65 % que han llegado hasta la educación secundaria, y el 13.54 % que han concluido la educación básica [26].

TIPO VIVIENDA

El 58 % de las viviendas en la parroquia Checa son casas o villas, el 24 % son departamentos y el 9 % son mediaguas [26].

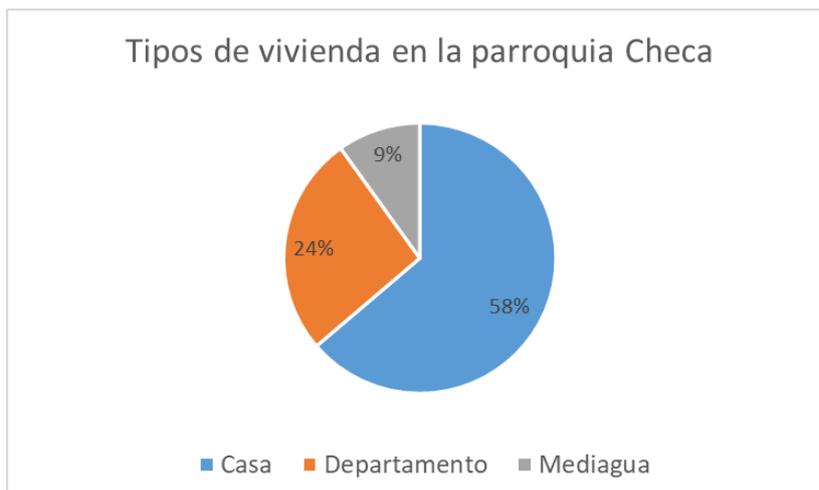


Figura 10. Tipos de vivienda en Checa.

Fuente: Carranco et al., 2012 [26]

ACCESO AL AGUA

Una parte del territorio de la parroquia Checa forma parte del Parque Nacional Cayambe Coca, siendo el ecosistema páramo una fuente de suministro de agua para la población. El agua de las cuencas y microcuencas está contaminada por aguas residuales descargadas al recurso hídrico sin previo tratamiento, afectando la calidad del recurso ofertado; otro punto a considerar es la inadecuada disposición de los desechos sólidos ayuda a acrecentar la problemática en torno al recurso agua [22].

Las familias de San Rafael no cuentan con una red de abastecimiento de agua potable, obligándolos a coleccionar el agua de río y almacenarla para su distribución mediante tuberías a cada uno de los hogares sin antes tratarla para que sea apta para el consumo humano [28]

ALUMBADO PÚBLICO

La red pública abastece en un 94.24 % del servicio de electricidad a la cabecera parroquial, mientras que la zona rural tiene una cobertura entre el 50-100 %, específicamente las comunas de San Rafael y El Carmen son las más perjudicadas [26].

ACCESO A TELECOMUNICACIONES

El acceso a la telefonía móvil tiene un gran alcance de cobertura, situación opuesta al servicio de telefonía fija, mientras que el acceso a internet es limitado principalmente por el aspecto de costos monetarios [22].

2.2 Muestreo

La comuna de San Rafael cuenta con aproximadamente 60 familias conformada por un promedio de 5 personas, cuyos domicilios cuentan con servicio de electricidad, y el agua potable llega a los domicilios por medio de tuberías que canaliza el agua desde unos reservorios provenientes del Cerro Puntas [22].

Para la identificación de la situación de la calidad del agua de la comunidad se planificó tomar puntos de muestreo del reservorio y de la fuente de agua. Por otro lado, para identificar si existe un cambio en la variación de la calidad desde la salida de la fuente, hasta el almacenaje del agua en los hogares se realizó la selección de una muestra representativa.

2.2.1 Selección de puntos de muestreo

Para la selección del tamaño de la muestra, se aplicó el método estadístico para una población finita como se muestra en la siguiente ecuación [29]:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N - 1) + Z^2pq}$$

Ecuación 1. Tamaño de muestra para una población finita.

Fuente: Aguilar- Baroja, 2005 [29].

Donde:

n es el tamaño de la muestra que vamos a determinar

N el tamaño de la población

Z es el nivel de confianza para el 90% = 1,645

d es el nivel de precisión absoluta al 90%= 0,1

p es la proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia (0,9),

q es la proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (0,1).

$$n = \frac{20 (1,645)^2 (0,9)(0,1)}{(0,1)^2(19) + (1,645)^2(0,9)(0,1)} = 11,23 \approx 11$$

Ecuación 2. Cálculo del número de muestras.

Por tanto, el valor mínimo de muestras a considerar para la caracterización del agua de llegada es de 11 casas, sumados los dos puntos adicionales, dan un total de 13 muestras.

Para la caracterización del agua de salida de los grifos se realizaron 11 análisis en 11 puntos de muestreo, mismos puntos ocupados para las encuestas. Sin embargo, al momento de solicitar muestras para el almacenaje, del total de casas visitadas, únicamente 4 de ellas contaba con agua almacenada, las viviendas restantes tomaban directo del grifo o no disponían en ese momento.

Las coordenadas de los puntos de muestreo fueron:

Tabla 2. Coordenadas de las muestras de agua de almacenamiento

Código del punto	Este (Longitud)	Norte (Latitud)	Altura (m.s.n.m)
1	803806,8	9984613,7	2960
2	803854,3	9984572,3	2969
3	803837,6	9984557,9	2967
4	803812,0	9984637,6	2969

2.3 Encuestas

Es necesario identificar los hábitos de la población en cuanto al tratamiento y el almacenaje del agua en caso de darse, para ellos se realizó una encuesta de 23 preguntas a los habitantes de la población.

Para la realización de la encuesta se realizó un acercamiento inicial con el Representante de la comunidad de San Rafael, el señor Luis Inaquiza, quien acompañó el proceso de encuestas en su totalidad brindando el acercamiento a los habitantes. La primera parte de la estructura de la encuesta consiste en identificar la cantidad de miembros de las familias, la frecuencia de la incidencia de enfermedades de origen hídrico en niños y adultos,

también se indagó sobre la cantidad de conexiones de agua en el hogar y las características del agua que consumen, se buscó identificar los materiales y tipos de recipientes usados al almacenar agua. Finalmente, los hábitos de higiene en el tratamiento y almacenaje del agua.

La encuesta se realizó a 11 familias dentro la comunidad de forma física y digital, sin embargo, para el tratamiento de la información las encuestas fueron digitalizadas en la herramienta digital Google Forms. El detalle de la encuesta se encuentra en el capítulo de resultados.

2.4 Trabajo de campo

2.4.1 Parámetros medidos en campo

Para la medición de los parámetros in situ, en primer lugar, se constata que las sondas de los equipos se encuentren en perfectas condiciones, con baterías y correctamente calibrados. Los recipientes para la recolección del agua deben ser homogeneizado tres veces para luego tomar un volumen de 100 mL de muestra en un frasco esterilizado; posteriormente se introducen las sondas medidoras en el recipiente, tomando los valores que se reflejan una vez que la medida se estabilice. Los parámetros de calidad de agua tomados in situ, fueron: temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH. [30]

El equipo utilizado es el Multiparámetros con las sondas respectivas de pH, conductividad y oxígeno disuelto.

Los materiales y equipo utilizados en campo fueron los detallados en la Tabla 2.

Tabla 3. Materiales y equipos usados en campo.

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	FINALIDAD	EVIDENCIA
Equipo multiparámetros y sondas	-	Medir los parámetros de calidad del agua insitu	

Envase estéril 100 ml	Polietileno de alta densidad	Depósito de las muestras	
Recipiente con tapa hermética 20 lt	Polietileno tereftalato	Recolección de agua para ensayos de tratamiento y almacenaje	
Toallas de cocina	-	Limpieza de	
Piseta con agua esterilizada	plástico	Limpieza de las sondas	
Nevera portátil o cooler	Poriestireno	Transporte y mantenimiento de muestras con hielo	

Recolección, preservación y transporte de Muestras

Previo a la recolección de muestras se realizaron las siguientes actividades: Preparación de los envases de muestreo de vidrio o plástico, elaboración de las hojas de registro,

coordinación con el representante de la comunidad para tener acceso a todo el sistema de agua, se realizó la verificación, preparación y calibración de los equipos para análisis in situ, se prepararon los materiales de muestreo como guantes, mandil, nevera portátil, hielo, cámara, aplicación de GPS, servilletas.

Para la recolección de muestras en los frascos estériles se debe enjuagó el recipiente con agua del cuerpo hídrico para homogenizar el frasco tres veces, se llenó el frasco con 100 ml, en caso de coliformes fecales se tomaron dos frascos adicionales por cada punto de muestreo, se tituló el frasco con fecha, hora y número de muestras, y usando la aplicación software “Mis Coordenadas” el GPS.

Como consideraciones adicionales, en el llenado de los recipientes para análisis microbiológico el frasco debe ser llenado solo a $\frac{3}{4}$ de su capacidad, los mismos que deben ser sellados y colocados correctamente en el cooler para evitar que las muestras se rieguen. Como evidencia del trabajo en campo se tiene la Ilustración 1.



Ilustración 1. Registro de la toma de muestras y medida de parámetros in situ.

2.5 Análisis de parámetros en laboratorio

Las muestras de agua tomadas en la comunidad y reservorios fueron analizadas en el Laboratorio docente de Ingeniería Ambiental (LDIA) y en el Centro de Investigación y

Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional en Quito-Ecuador. Como evidencia del trabajo realizado en el LDIA se tiene la *Ilustración 2*.

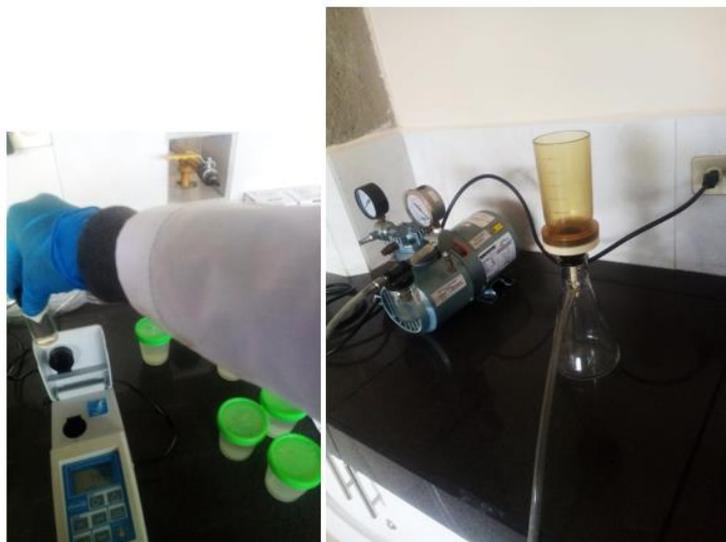


Ilustración 2. Medida de Turbidez y filtración para sólidos en laboratorio.

Los ensayos se realizaron con los métodos descritos en la Tabla 4.

Tabla 4. Métodos para la caracterización del agua en el laboratorio.

Parámetro	Método	Rango
Dureza total	“Titulometría con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)”	500 (mg/l CaCO ₃)
DQO	“Espectrofotométrico HACH800” (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	3 – 150 (mg/l) / 20 – 1500 (mg/l)
Sólidos totales y suspendidos	Gravimétrico (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	1000 (mg/l)
Coliformes fecales y totales	Método de tubos múltiples APHA 9221 E/APHA 9221 C (Standard Methods, 2017) (Rojas, 2009)	<2 Microorganismos/ 100ml
Turbiedad	Turbidímetro.	0-100,0 UNT

	(Standard Methods, 2017)	
Color	Espectrofotometría VIS SM ED. 23, 2017 2120 C (Standard Methods, 2017)	5-500 (UPtCo)

Fuente: Standard Methods, 2017 [31] Rojas, 2009 [30]

DUREZA

Se colocan 25 ml de muestra de agua en un matraz Erlenmeyer, se añaden 5 gotas de NH₄Cl y una punta de espátula de negro de eriocromo, una vez homogeneizada la muestra, se procede a titular con EDTA hasta que pase de un tono rojizo a azul. Anotar el valor del volumen de EDTA gastado [31]

TURBIDEZ

Se lo mide con el equipo llamado turbidímetro cuyas unidades que refleja son las Unidades de Turbiedad Nefelométrica NTU, para ello se colocó 10 ml de muestra homogenizada en una celda, y 10 ml de agua destilada en otra celda, y se procede a ingresar las celdas en el equipo [31].

DQO

Se precalienta el digestor de DQO a 150°C. El tubo de ensayo que contiene reactivo previamente preparados y distribuidos por la empresa HATCH se lo conoce como vial. Se homogenizó la muestra de agua para agregar 2 ml al vial, y se lo tapó para agitarse. Se prepara un vial de calibración con agua destilada. Se los dejó en el digestor durante dos horas a 150°C. una vez que los tubos de ensayo se puedan manipular se mide la DQO de cada uno de los viales utilizando el equipo Espectrofotómetro HATCH, encerrando el equipo con agua destilada [31].

COLIFORMES FECALES Y TOTALES

Por cuestiones actuales de la pandemia SARS-CoV 19 el LDIA y el CICAM cerraron sus puertas a los estudiantes, razón por la cual el presente ensayo lo realizó el laboratorio acreditado CICAM en su totalidad y única mente se analizaron 4 muestras de agua del grifo de los pobladores y 4 muestras de agua almacenada. La metodología aplicada es la del Standar Methods séptima edición [31].

SOLIDOS TOTATES Y SUSPENDIDOS

Para la determinación de solidos disueltos totales (SDT) y solidos disueeltos volátiles (SDV) por el método gravimétrico se procedió en primer lugar a tarar los crisoles de 50 ml, posteriormente se registra el peso (P_0). El agua debe ser filtrada con un matraz Kitasato y el equipo de filtrado al vacío. Se colocan 50 ml de muestra filtrada en el crisol (V_m) y se procede a evaporar en la estufa durante 24 horas. Se llevó el recipiente al desecador hasta que se enfríe a temperatura ambiente para registrar el peso (P_1). Posteriormente se coloca el crisol en la mufla a 550°C durante 20 minutos. Se lleva el crisol al desecador hasta poder registrar el último peso (P_2) [31]. Para el cálculo de los valores se ocuparon las siguientes fórmulas.

$$SDT = \frac{P_1 - P_0}{Vm_3}$$

Ecuación 3. Cálculo de Solidos disueltos totales

$$SDV = \frac{P_1 - P_2}{Vm_3}$$

Ecuación 4. Cálculo de Solidos disueltos Volátiles

Se siguió el mismo procedimiento, pero sin el proceso de filtrado para sólidos totales (ST), y sólidos totales volátiles, asignando valores de P_0' al crisol tarado, P_1' al valor posterior a la evaporación y P_2' al valor del crisol pesado posterior a la calcinación, aplicando las siguientes fórmulas:

$$ST = \frac{P_1' - P_0'}{Vm_1}$$

Ecuación 5. Cálculo de Solidos totales

2.6 Métodos de tratamiento y almacenaje seguro

Dentro de “La Red” y las intervenciones que llevan a cabo en comunidades para brindarles métodos de tratamiento seguros para su agua, se presentan numerosos equipos que trabajan de forma híbrida, es decir, que dan tratamiento casero y a su vez almacenan el agua de forma segura. Para el presente análisis el enfoque radica en el almacenamiento, la selección del tratamiento adecuado para el agua cruda de la comunidad se realizó en otro estudio, pero cabe mencionar que fue hecho de forma paralela y comunicada. Del trabajo en conjunto se concluyó que, para el tratamiento del agua, se van a aplicar unos “Sobres de de potabilización” cuya composición se explican en el siguiente apartado.

Los equipos analizados en la matriz de forma cualitativa son:

Life Straw familia 1.0

Se trata de un purificador de agua que ha demostrado en diversas ocasiones ser un excelente purificador de agua aliado de la protección contra patógenos existentes en el agua sin tratar. [32], asegura en su artículo “LifeStraw Family 1.0 Tratamiento doméstico del agua para familias” que este producto ha sido acreedor del mayor premio concedido por la Organización Mundial de la Salud, quienes le han otorgado tres estrellas por exceder los estándares establecidos para el tratamiento domestico de agua y su eficacia en eliminar diferentes patógenos que pueden estar presentes en el agua.

En el mismo artículo, Iguana Green informa sobre los materiales de los cuales está compuesto este producto, siendo estos: en la parte superior un recipiente que soporta hasta 2 litros, seguido de un pre-filtro con porosidad de 80µm: PP, una cámara halógena, una membrana de Ultrafiltración: PES (Poliétersulfona) de fibra hueca, con tamaño de poro 0,02 micrones absolutos (20 ηm)⁵ seguido del Bulbo de Retrolavado: LD-PE y Mangueras: LD-PE. Dichos materiales aseguran la eficiencia microbiológica de filtración del Life Straw familia 1.0 cuya vida útil serían los 18000 litros de agua.

En cuanto a la accesibilidad del producto, lo podemos encontrar en línea en varias plataformas comerciales como por ejemplo Amazon un valor de mil novecientos dólares

Life Straw familia 2.0

Tenemos a la segunda generación del purificador de agua Life Straw, al igual que su antecesor, se encarga de eliminar en un 99.9 de los microorganismos existentes en el agua sin tratar, según ANSAM [33], el agua estará libre de patógenos al momento de su consumo. Adicional a esto, es importante destacar que el producto no necesita de energía para trabajar, lo cual favorece su trabajo en lugares de difícil acceso ya que igualmente es de fácil transportación para sistemas más complejos de purificación. Así mismo CEICA afirma que, el Life Straw Familia 2.0 tendría una vida útil de 24.000 litros lo cual correspondería a aproximadamente cinco años de vida útil, dependiendo de la cantidad de miembros y agua tomados al día por familia. Encontramos este producto en línea por una cantidad de aproximadamente mil setecientos dólares.

TULIP wáter system

Según Tulip Technology [34], el sistema de filtración de su producto contiene materiales tales como tierra de diatomeas que, gracias a su tratamiento con nano plata, evita la recontaminación del agua ya tratada. Adicional a esto encontramos que el producto cuenta con carbón activado que quita el color y mal sabor de agua. Tenemos de esta forma un producto que eliminará patógenos y adicional a esto le daría un buen aspecto y sabor al agua por turbia que esté.

Filtros de cerámica

Los filtros de cerámica constituyen desde hace varios años una alternativa para purificar el agua en cierto porcentaje, ya que este tipo de filtros no garantiza que se eliminen microorganismos más pequeños, sin embargo, ayuda a controlar enfermedades víricas y diarreicas en las poblaciones que tienen difícil acceso al agua potable. Se trata de una vasija elaborada con barro [35].

Según goteo la tecnología de los filtros de cerámica estaría basados en la cerámica negra misma que “Se consigue mediante una técnica alfarera muy antigua que cuece la arcilla en un horno adaptado para poder crear una atmosfera anóxica dentro, el resultado es que las piezas quedan completamente negras debido a un proceso de reducción metálica.” [36]

Entre éstos filtros tenemos por ejemplo al Eco filtro Horeb: la compañía Horeb se caracteriza por tener varios premios en lo que al tratamiento y purificación de agua se refiere; promociona en su página web: <https://filtros-horeb.com/> en donde podemos ver una detallada explicación tanto del uso del producto siendo este muy sencillo, colocándose el agua en la parte superior del producto como de sus componentes en sus diferentes capas compuestas, un una superior de Tapa plástica para proteger el agua del polvo o cualquier contaminación, siguiendo con un filtro insertado que ha sido elaborado con barro, aserrín y plata coloidal para asegurar su mayor filtración. [35]

En la tercera capa va el agua directamente extraída del grifo, misma que traería consigo una serie de microorganismos que causan afecciones en la salud. Finalmente encontramos un envase de plástico virgen, de 20 litros + llave plástica. Del mismo modo el sitio web establece especificaciones de la función del purificador y vida útil del recipiente, siendo ésta un total de doce meses. La marca Horeb asegura que “el agua filtra a un ritmo de 2 litros por hora, atrapando y neutralizando bacterias. El carbón activo elimina olores y sabores, dejando agua 99,9% potable.” Podemos concluir entonces que es un producto bastante efectivo al momento de convertir el agua potable a través de los procesos de filtración y purificación. La página además permite adquirir de manera online el producto por un valor de \$40. [35]

Sobres de Potabilización + contenedor hermético con válvula.

Consiste en un sobre hermético de plástico que contiene 500mg de Sulfato de Aluminio, 40mg de Hipoclorito de Calcio y 1,5mg de Polímero catiónico para tratar un volumen de 10 litros de agua. Estos valores fueron encontrados específicamente para el agua de la población de San Rafael en los meses de diciembre del 2021 y enero del 2022 en el trabajo de integración curricular de Alejandro Bravo aun no publicado. Donde se señala que el costo por cada sobre diseñado para tratar 10 litros es de 0,07 centavos. Los sobres para tratar 20 litros tienen un costo de 0,14 centavos. El presente método es el más económico de los propuestos. El acceso a estos reactivos no se dificulta, sin embargo, al necesitarse de pesos exactos, es menester el uso de una balanza analítica, lo que supondría la principal limitación de este método. La metodología de aplicación es sencilla y se explica a detalle tanto en el Manual del *Anexo I*, como en la ficha de Socialización en la *Tabla 9*.

Por otro lado, el contenedor de 10 litros tiene un costo de \$5,60, mientras que el de 20 lt cuesta \$10,90. Dando un costo total anual de aproximadamente \$15,12 de 216 sobres al

año para un uso de 4 sobres de 10 litros por semana, sumados a los \$5,60, daría una inversión anual de \$20,72.

Hervido y Almacenado

Este método es el actualmente ocupado por los habitantes según las encuestas. Si bien el hervido tiene una alta eficiencia al momento de inactivar patógenos, el almacenaje debe tener especial cuidado ya que podría re contaminarse con heces fecales [4]. El almacenado lo pueden llevar a cabo en ollas, en jarras en botellas o en vasos, donde, los recipientes abiertos dejan la entrada libre aire y carga patógena de los alrededores, como se evidencia en la Ilustración.



Ilustración 3. Evidencia de los recipientes de almacenaje o transporte de agua.

2.7 Análisis de metodologías de almacenaje seguro.

El agua tratada de forma casera necesita un medio seguro de almacenaje, el cual, debe ser seleccionado acorde con las necesidades y oportunidades de la población a su acceso y manipulación; para ello, se han seleccionado opciones entre las cuales se va a tomar una decisión mediante el uso de una matriz comparativa, en la cual, se van a aplicar criterios cualitativos mediante la asignación de valores según se explican a continuación:

Precio del equipo - PE

Al método más costoso se le asignará un valor de 10 y el menos costoso 0. Asignando los valores correspondientes a los que se encuentren en ese rango.

Accesibilidad - A

Numerosos equipos no son sencillos de adquirir, por tanto, si para adquirirlo tienen que hacer pedidos internacionales se asigna un valor de 10, a los que se consiguen fuera de la parroquia 5 y a los que se encuentren en la comunidad, un valor de 0.

Facilidad de Manejo - FM

Existen equipos que necesitan instalaciones especiales y son difíciles de movilizar, en base a esto, los equipos que presenten estas características tendrán un valor de 10, los que presenten una de estas dos características tendrán un valor de 5, y en caso de ser fácil de manipular (se requiera una sola persona) se asigna un valor de 0.

Mantenimiento - M

Se consideran los precios del reemplazo de partes y la dificultad técnica que estos requieran. Asignando un valor de 10 a los equipos que posean ambas características, 5 los que posean solo una de estas características y 0 en caso de no mostrar dificultad mas allá de una limpieza con agua y jabón.

Resistencia - R

Se considerará el material del cual está hecho el recipiente, en caso de ser de barro o cualquier tipo de material sensible a golpes, se le asigna un valor de 10, en caso de ser de plástico grueso o metal se le asigna un valor de 1 o 0 respectivamente.

Factor de Eficacia - E

El equipo o recipiente debe ser capaz al menos de conservar las características del agua que almacena. Si evita recontaminación o trata el agua, se asigna un valor de 1 positivo, mientras que, si su uso deteriora o no mantiene el estado del agua se le asigna un valor de -1 negativo. Este valor será multiplicado por el promedio de los valores precedentes, de tal modo que un valor negativo indicará que el método que representa no supone una mejora en el acceso a agua segura.

Puntuación global de cada método

Se realizó un promedio entre los 5 aspectos descritos de l equipo, Precio del Equipo (PE), Accesibilidad (A), Facilidad de Manejo (FM), Mantenimiento (M) y Resistencia (R), para luego multiplicar por el factor eficacia, de tal modo que se pueda obtener un valor que oscila entre -10 y 10 aplicando la ecuación ##.

$$TOTAL = \left(\frac{PE + A + FM + M + R}{5} \right) * E$$

Ecuación 5. Cálculo de la Puntuación Total de cada método

Una vez obtenidas las puntuaciones de cada método, se seleccionará el equipo que posea el puntaje positivo menor y a partir de este se diseñará el manual para manejo de agua segura para la comunidad. Es importante que la metodología que corresponda a valores negativos sea completamente descartada de la consideración ya que supondría un riesgo a la salud ya que se asocia a procesos de recontaminación.

En caso de no contar con información disponible de alguno de estos parámetros, se colocará el valor de 10, como en el caso del precio del equipo TULIP

En la *Tabla 4.* se evidencian la ejecución de las múltiples opciones consideradas.

Tabla 5. Matriz de Evaluación cualitativa de métodos de almacenaje y tratamiento casero de agua.

EQUIPO DE ALMACENAJE/ TRATAMIENTO	PE	A	FM	M	R	FE	PUNTUACIÓN GLOBAL
LIFE STRAW FAMILY 1.0	10	10	10	10	1	1	8,2
LIFE STRAW FAMILY 2.0	8,9	10	10	10	1	1	7,98
TULIP WATER SYSTEM	10	0	7,5	10	1	1	5,7
FILTROS DE CERÁMICA	1,1	2	5	1	10	1	3,82
SOBRES DE POTABILIZACIÓN+ CONTENEDOR CON VÁLVULA	3	1	1	1	1	1	1,4
HERVIDO + ALMACENADO EN OLLAS	0,5	0	1	0	1	-1	-0,5

En base al análisis realizado, se puede observar que el valor positivo con menor magnitud es el del sobre de Potabilización + contenedor con válvula. El valor de 10 subrayado en rojo se colocó debido a que no existe información sobre el costo del sistema Tulip.

3 PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Pruebas

3.1.1 Evaluación de la encuesta

A continuación, se presenta los resultados de las 23 preguntas realizadas en las encuestas por medio de la plataforma digital Google Forms y las encuestas realizadas de manera directa a los habitantes del barrio San Rafael, ubicado en la parroquia Checa, cantón Quito.

Pregunta 1. ¿Posee servicio de electricidad en su casa?

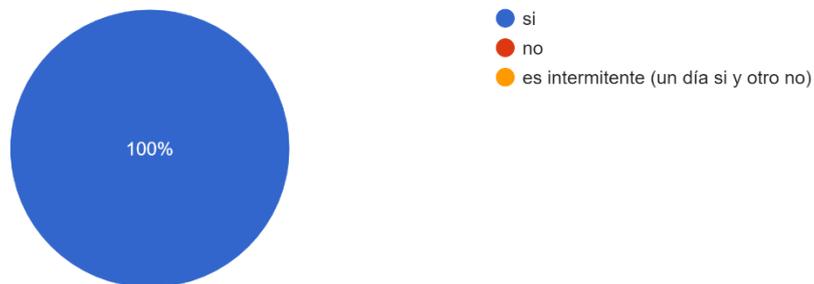


Figura 11. Servicio Electrico.

En el barrio de San Rafael, la totalidad de las personas poseen electricidad en su casa. Existiendo un porcentaje igual a 0 para personas sin acceso a este servicio.

Pregunta 2. ¿Cuántas personas habitan en su hogar?

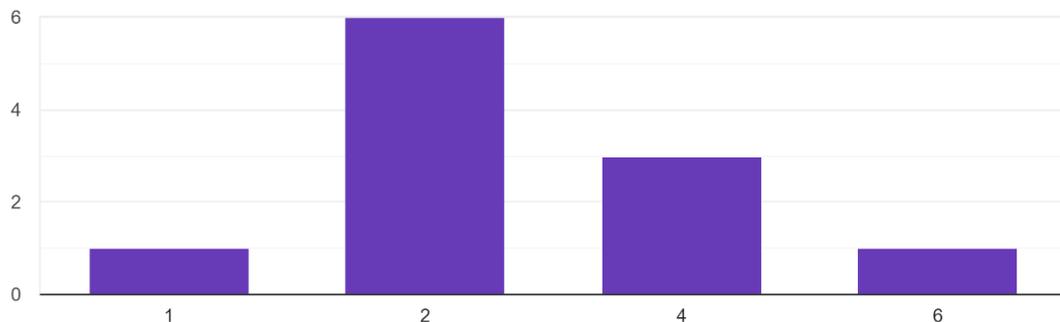


Figura 12. Número de Habitantes por hogar.

El 54,54% de los hogares está conformado por dos miembros, mientras que el 16,67% de los hogares está habitado por una sola persona; el 16,6% está habitado por 6 personas y el 27,27 está conformado por 4 miembros. Podemos concluir de esta manera que cada

hogar de la comunidad de San Rafael está conformado por un promedio de 3,8 habitantes por hogar es decir aproximadamente 4 en base a los datos recopilados en esta encuesta.

Pregunta 3. ¿Cuántos niños habitan en su hogar?

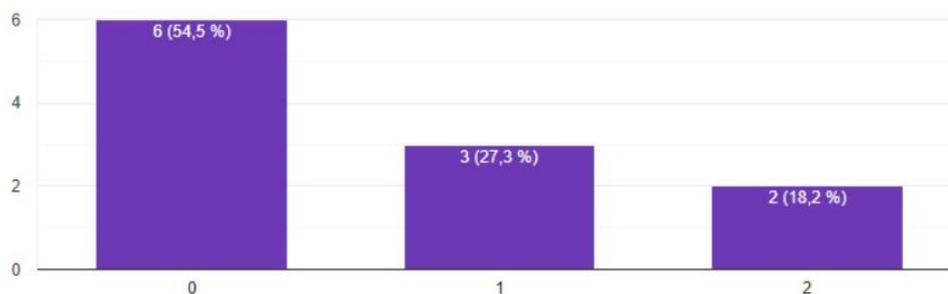


Figura 13. Número de niños por hogar

En seis casas de las encuestadas, equivalentes al 54,4%, no habitan niños, en el 18,2% de casas habitan dos niños, mientras que en el 27,3% de hogares encuestados hay la presencia de 3 niños.

Pregunta 4. ¿Qué tan frecuentes son las enfermedades diarreicas en su hogar en los adultos?

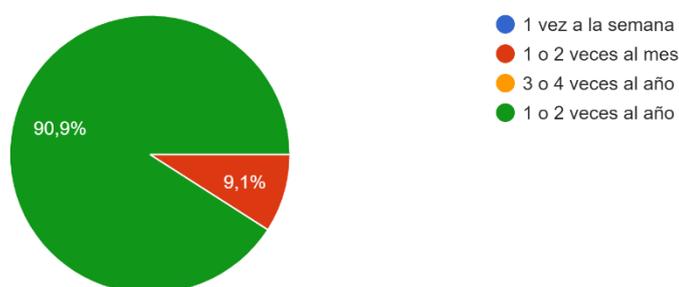


Figura 14. Frecuencias de enfermedades diarreicas.

Como podemos observar en el gráfico un 90,9% de los habitantes ha enfrentado enfermedades diarreicas en su hogar de una a dos veces al año mientras que únicamente el 9,1% de personas, presentan este tipo de afecciones de una a dos veces por mes. Demostrando de esta manera que la totalidad de la población ha presentado al menos una o dos veces al año, síntomas relacionados con la presencia de patógenos en el agua.

Pregunta 5. En caso de tener hijos. ¿Qué tan frecuentes son las enfermedades diarreicas en su hogar en los niños?

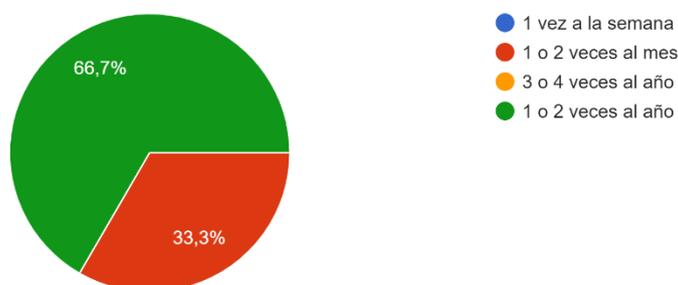


Figura 15. Frecuencia de enfermedades diarreicas en los niños.

Los hijos de un 66.7% del total de habitantes han presentado de una a dos veces al año enfermedades diarreicas mientras que un tercio de dichos habitantes señala que los infantes presentan cuadros diarreicos una o dos veces al mes. Demostrando que la población infantil es más susceptible a la presencia de patógenos en agua cruda tal como lo señala la Organización Mundial de la Salud.

Pregunta 6. ¿Presenta problemas de parásitos comunicado por un médico o evidenciado?

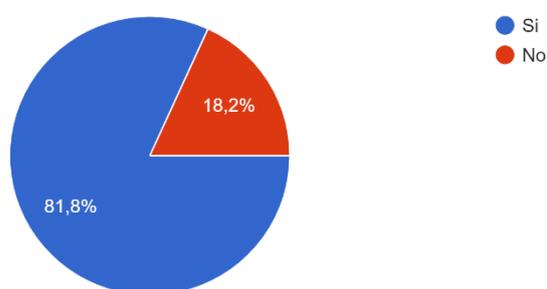


Figura 16. Problemas de parásitos.

Se puede observar cómo un total del 81.2% de la población presenta algún tipo de problemas relacionados con la presencia de parásitos; gran cantidad de la población comenta de forma verbal que el problema de los parásitos es la afección más frecuente evidenciada al momento de realizarse chequeos médicos.

Pregunta 7. ¿Cuál es la forma con la que más frecuencia cocinan sus alimentos?

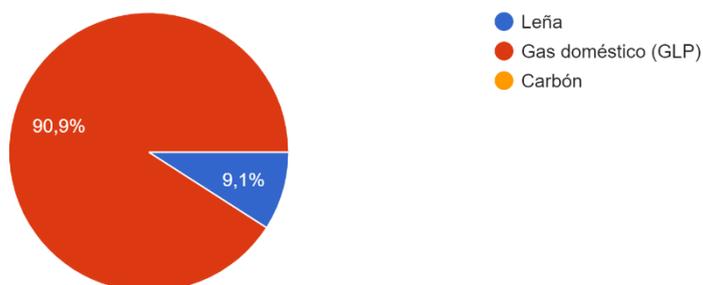


Figura 17. Método de cocción de los alimentos.

Podemos ver cómo el mayor porcentaje de personas tiene acceso a cilindros de GLP. Este aspecto fue considerado para el análisis del tratamiento que se le podía dar al agua, así como al acceso de una fuente de calor para hervir el agua. No obstante, el tratamiento elegido fue uno de coagulación y floculación debido a la gran presencia de sólidos disueltos.

Pregunta 8. Para obtener agua para consumo y distintos usos, usted:



Figura 18. Facilidad de acceso a agua de consumo

Un 72,7% de los hogares tiene una fuente de agua dentro de sus viviendas, siendo este factor favorable al momento de aplicar los diferentes procesos de tratamiento y almacenaje seguro de agua, mientras que el 27.3% tendrá que tomar medidas adicionales como

precaución para evitar la contaminación del agua en el transporte de la zona externa hacia sus hogares.

Pregunta 9. En caso de tener agua en casa. (seleccione más de uno de ser el caso)

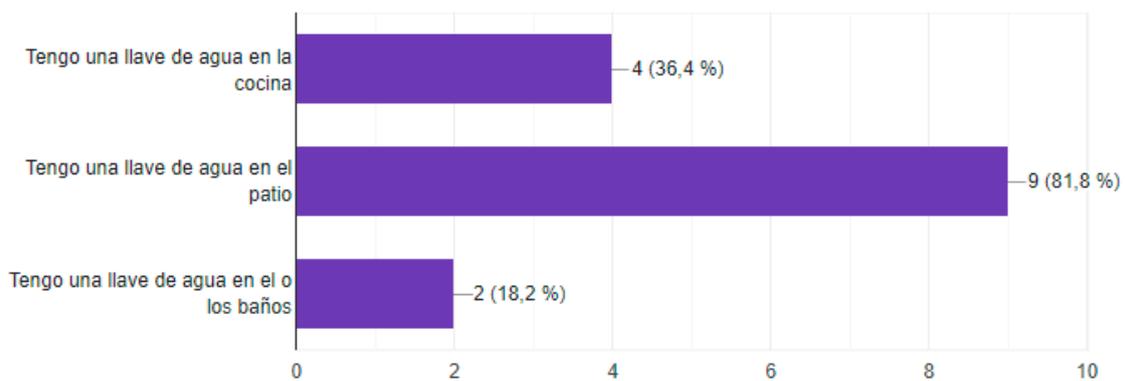


Figura 19. Cantidad de llaves de agua en los hogares.

Es importante recalcar que, en esta pregunta, el hogar más numeroso, que cuenta con 6 miembros, es el que no posee conexión de agua dentro del hogar. Por otro lado, únicamente dos hogares poseen más de dos instalaciones de grifos de agua dentro de sus predios. Es decir que, el 72,72% de los hogares muestreados posee únicamente una salida de agua en sus domicilios.

Pregunta 10. ¿Alguna vez ha observado que el agua presenta una coloración u olor distinto? Descríbalo.

En resumen, los moradores comunican que siempre se ve una coloración que oscila entre tonos amarillos a cafés, en especial cuando llueve se torna de esta última coloración. Señalan además que en pocas ocasiones viene muy blanca. Por tanto, conviene considerar la temporalidad en el uso de los sobres de potabilización.

Pregunta 11. El agua para consumo (beber y cocinar) la obtiene de:

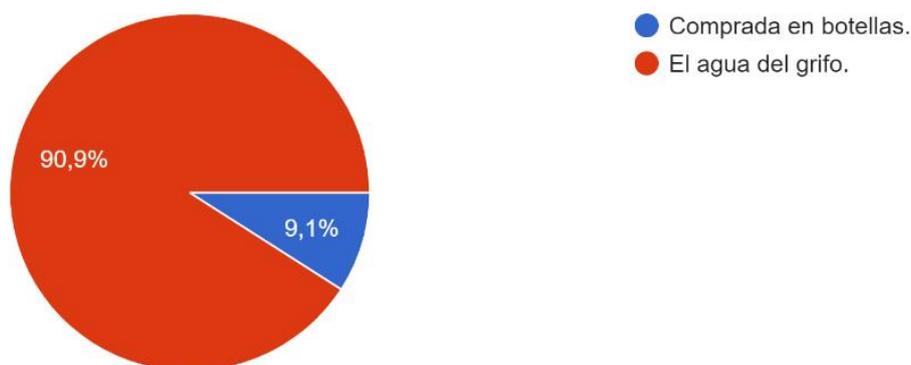


Figura 20. Tipo de agua de consumo

Únicamente en un hogar de los encuestados, equivalente al 9,1%, obtiene el agua de consumo comprada en botellas/botellones debido a que su residencia es ocupada de forma recreativa y ocasional durante los fines de semana, mientras que el 90,9% de los hogares cuya residencia es mayormente permanente consume el agua entubada que sale directamente del grifo a sus domicilios.

Pregunta 12. ¿Qué tratamiento le brinda al agua antes de beberla?

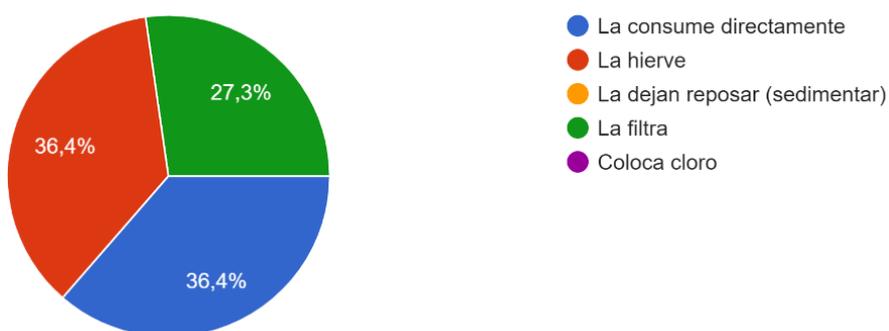


Figura 21. Tipo de tratamiento casero del agua.

El 36,4% de la población hierva el agua antes de consumirla, de manera verbal, comunicaron que el hervido incluye la infusión de plantas medicinales para beberla. El mismo porcentaje señala que filtra la bebida, sin embargo, al indagar sobre el método de filtrado no se obtiene una información clara en dos de las tres casas encuestadas, mientras que la tercera poseía un equipo purificador filtro dispensador de agua. Ninguno ocupa métodos como la cloración o la sedimentación. Por otro lado, los encuestados señalaban

que no siempre seguían los procesos de tratamiento, y que tomar el agua de forma directa del grifo era habitual. El 27,3% de los hogares consume el agua de forma directa todo el tiempo.

Pregunta 13. El material del recipiente donde almacena el agua es:

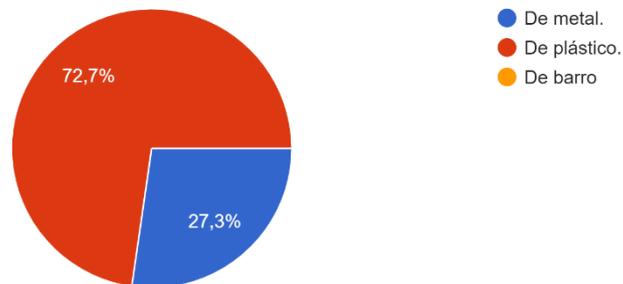


Figura 22. Material del recipiente de almacenaje

Los pobladores ocupan recipientes de plástico para el almacenaje de agua en un 72,7%, mientras que el 27,3% lo almacena en ollas de metal. No se utilizan recipientes de barro.

Pregunta 14. La forma del recipiente donde almacena el agua es:

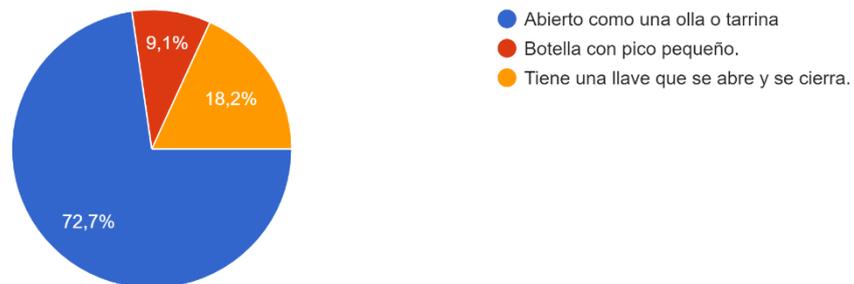


Figura 23. Forma del recipiente de almacenaje

El 72,7% de los encuestados almacena el agua en recipientes abiertos, el 9,1 de la población lo hace en botellas con pico pequeño, y el 18,2% de encuestados señalan tener recipientes que tiene una válvula de salida de agua.

Pregunta 15. El recipiente donde almaceno el agua de consumo tiene:

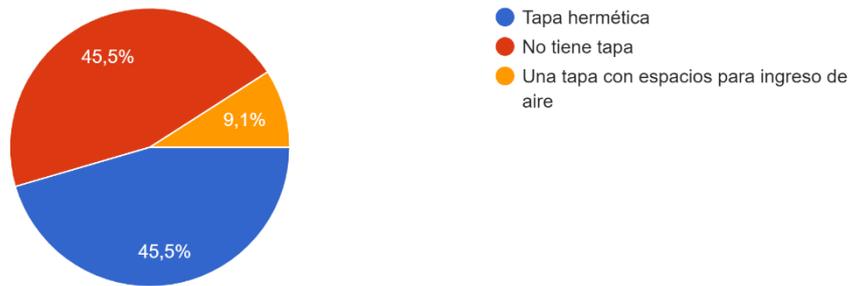


Figura 24. Tipo de tapa del recipiente de almacenaje

El 45,5% de la muestra señala que almacena el agua en recipientes sin tapa hermética, y en esta misma proporción se tienen hogares en los que no. Y únicamente un encuestado utiliza tapas no herméticas.

Pregunta 16. ¿Qué tamaño tiene el recipiente donde almacena el agua de consumo?

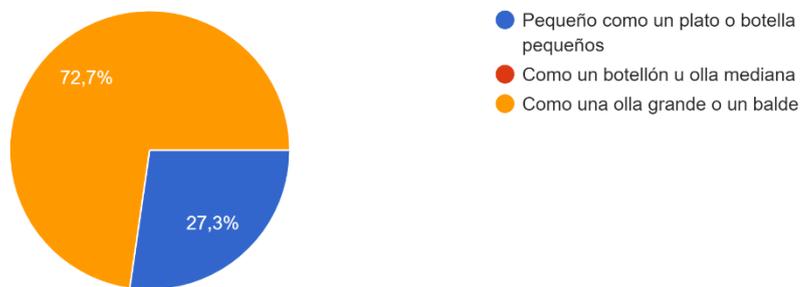


Figura 25. Tamaño del recipiente de consumo.

El 72,7% de la población prefiere almacenar el agua en ollas o en baldes grandes, mientras que el 27,3% lo hace en recipientes pequeños como botellas de plástico

Pregunta 17. Cada cuanto acabo de consumir el agua almacenada

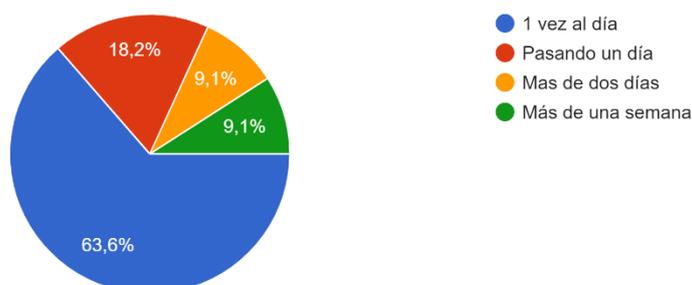


Figura 26. Período de consumo del agua almacenada

El 63,6% de la población muestreada afirma que el agua tratada que almacenan se termina una vez al día, el 18,2% lo consume pasando un día, mientras que el 9,1% tiene frecuencias de lavado de consumo de más de dos días y esta misma proporción afirma consumir el agua del recipiente después de más de una semana.

Pregunta 18. El o los recipientes donde se almacena el agua, es lavado:

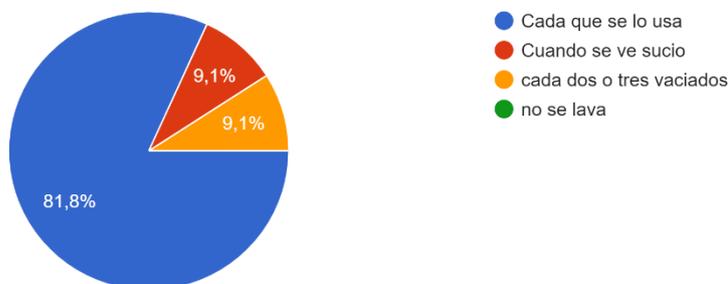


Figura 27. Frecuencia de lavado.

El 81,8% de encuestados lavan el recipiente de almacenamiento de agua cada que lo usan, mientras que el 9,1% lo lava cada que se evidencia suciedad y en esta misma proporción también la lavan cada dos o tres vaciados. Lo que indica que los pobladores en su mayoría presentan ya hábitos de lavado positivo, por lo que el lavado de recipientes en cada uso sugerido por el manual propuesto en el presente trabajo tendrá una acogida positiva.

Pregunta 19. Los recipientes son lavados: (seleccione más de uno de ser el caso)

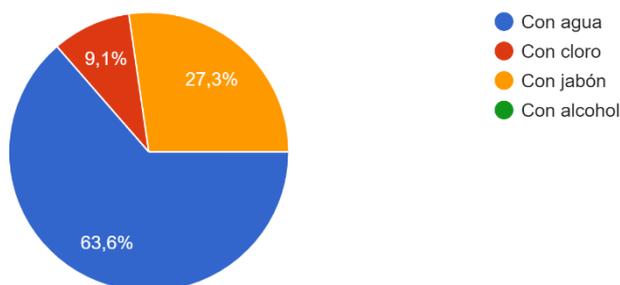


Figura 28. Método de lavado de recipientes.

La totalidad de los encuestados señalaron que lavaban con agua, sin embargo, al ser posible seleccionar más de una respuesta nos arroja el resultado de que únicamente el 36,4% de los encuestados lava los recipientes con algo adicional al agua. El uso del jabón es menester para la limpieza eficiente por tanto es un hábito que se debe mejorar en el 63,6%

Pregunta 20. Antes de manipular el agua almacenada para consumo:

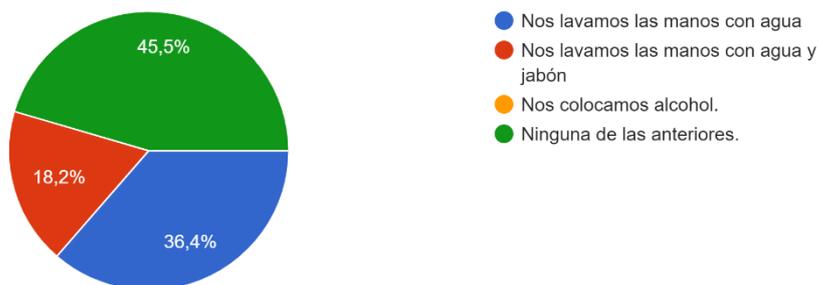


Figura 29. Hábitos de higiene en el manejo del agua de consumo.

El 18,2% de los pobladores ya posee el hábito del lavado de manos con jabón antes de la manipulación del agua para consumo; en el 45,5% de la muestra seleccionada no se lava las manos antes de tomar agua, mientras que el 36,4% únicamente se enjuaga las manos con agua. El 81,9% de los encuestados deben trabajar para cambiar sus hábitos de lavado de manos previo a manipular el agua de consumo

Pregunta 21. ¿Estaría dispuesto a cambiar sus hábitos para mejorar la calidad de su agua de consumo y su salud?

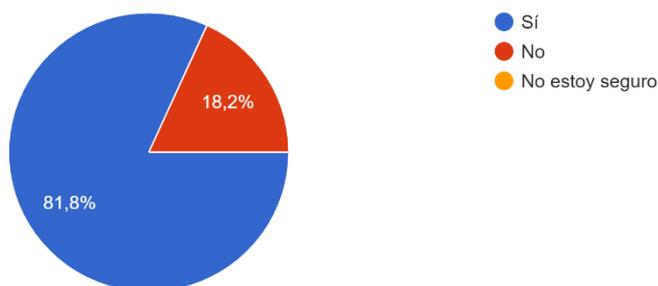


Figura 30. Disponibilidad al cambio de hábitos.

Uno de los ámbitos importantes para la mejora en cualquier ámbito es la voluntad de cambiar hábitos; el 81,8% de la población se muestra positiva al cambio de hábitos con el fin de mejorar la calidad del agua de consumo y, por tanto, su salud, mientras que el otro 18,2% no tiene interés en cambiar sus hábitos.

Pregunta 22. Cuál es el presupuesto que estaría dispuesto a destinar de manera mensual para tratar su agua de consumo

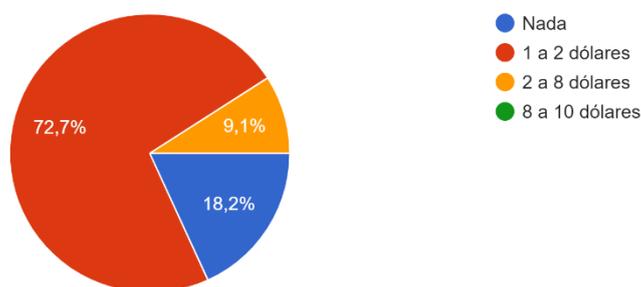


Figura 31. Presupuesto disponible para invertir en el tratamiento.

El 18,2% de los encuestados no desean invertir dinero adicional para la mejora de la calidad del agua de consumo, que coincide con la pregunta previa, de modo que dos familias no se muestran con voluntad de inversión. El 72,7% está dispuesto a invertir de 1 a 2 dólares adicionales cada mes, mientras que el 9,1% señala que incluso podría ser de 2 a 8 dólares, Por lo que el 81,8% de los hogares encuestados tienen la voluntad y disponibilidad para aplicar los procesos de tratamientos de agua con coagulación y floculación sugeridos en el manual.

Pregunta 23. ¿Cuál es el monto que estaría dispuesto a gastar para almacenar de forma segura su agua de consumo? (un solo gasto al año)

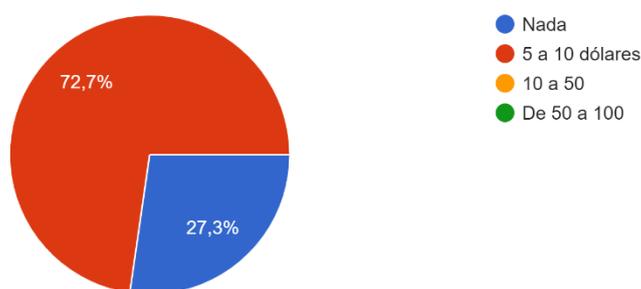


Figura 32. Presupuesto disponible para invertir en el almacenaje

Para el caso del almacenamiento únicamente el 72,7% podría o estaría dispuesto a realizar la inversión mínima requerida para adquirir en equipamiento adecuado para un almacenaje seguro, mientras que el 27,3% no presenta interés de inversión en el almacenaje. Razón por la cual en el manual se va a sugerir recipientes que podrían utilizarse.

3.2 Evaluación de la Calidad del agua

3.2.1 Agua cruda y agua tratada

Producto de las dos visitas de campo para la recolección de datos, se obtuvieron los valores de la *Tabla 6* para el agua que sale del grifo de los 11 diferentes puntos de muestreo de la comunidad. Cabe recalcar que este apartado se incluye con el fin de definir los parámetros del agua de los hogares, como punto inicial para el tratamiento con los sobres de potabilización y la disminución de la carga contaminante una vez que se aplica el tratamiento.

Tabla 6. Parámetros de Calidad del agua del grifo de San Rafael.

Parámetro de Calidad del Agua	Valor pretratamiento	Valor post tratamiento	Porcentaje de remoción (%)	Límite máximo permisible ANEXO I
pH	9,25	8,26	10,7	6-9
Coliformes Fecales	<1,1	<1,1	-	<1,1
Color aparente (Pt-Co)	118	12	89,9	15
Turbiedad (NTU)	20,1	4,9	75,6	5
Cloro libre residual (mg/l)	-	0,64	-	0,3-1,5
Aluminio (mg/l)	0,121	0,216	-	0,2

Fuente: Bravo, A.

De estos resultados se pudo evidenciar que previo al tratamiento del agua con los sobres de potabilización, los parámetros de pH, color aparente y turbiedad no cumplen con lo establecido en la norma INEN 1108, pero posterior al tratamiento los valores se reducen y cumplen con la norma, a excepción del Aluminio.

3.2.2 Parámetros de almacenamiento

El valor de los coliformes fecales del agua cruda están dentro de los valores límites de la Norma INEN 1108, sin embargo, en las 4 casas muestreadas que contaban con agua almacenada se evidenció un aumento en este parámetro asociado a las enfermedades

hídricas causadas por patógenos, por lo cual se evidencia la importancia de brindar una guía para el manejo del agua ya tratada y su correcto almacenamiento.

Los parámetros analizados en el laboratorio de las cuatro muestras se presentan a continuación en la *Tabla 6*.

Tabla 7. Parámetros de Calidad del agua de almacenamiento analizados en laboratorio.

Muestra	Coliformes fecales NMP/100ml	Coliformes totales NMP/100ml	Demanda química de oxígeno mg/l	Dureza total mg/l	Sólidos totales mg/l	Sólidos totales suspendidos mg/l
1	< 1,1	< 1,1	< 10	42	156	< 50
2	2,3 x 10 ¹	1,5 x 10 ²	< 10	44	150	< 50
3	5,1	1,6 x 10 ¹	< 10	40	228	< 50
4	<1,1	<1,1	< 10	40	136	< 50

Tabla 8. Parámetros de Calidad del agua almacenada medidos in situ.

Muestra	pH	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
1	10,1	82,70	8,8	16,40
2	9,8	96,30	7,01	15,60
3	9,6	95,70	9,10	15,90
4	9,8	98,10	6,90	15,60

En el caso para el agua almacenada por la comunidad, se hizo especial énfasis en los parámetros biológicos, cuyos valores en dos de las cuatro muestras aumentan, señalando una recontaminación.

En base a los datos de la *Tabla 6*, *Tabla 7* y *Tabla 8*, se puede afirmar que, una vez tratada el agua, el parámetro más importante a considerar es el de los coliformes fecales y totales, que se ve afectado por un mal manejo del agua de consumo. El mejorar el manejo del agua ya tratada hará que este parámetro se mantenga en el valor dentro de los límites establecidos, ya que, como se señala en la justificación del presente trabajo, las buenas prácticas en el almacenamiento y manipulación, hará que el agua no se re contamine.

Por otro lado, este valor coincide con los encontrados en las encuestas y la evidencia fotográfica, donde, el lavado de manos y recipientes no se realiza en cada etapa de la manipulación de agua.

3.3 Manual de tratamiento, almacenaje seguro y capacitación

3.3.1 Manual de tratamiento y almacenaje seguro

El manual se elaboró en conjunto con el tratamiento del agua con los sobres de potabilización sumadas con las buenas prácticas de higiene y selección de recipientes para el almacenaje; todo esto se realizó de manera gráfica y en tamaño de un formato A4, de modo que los moradores lo puedan colocar cerca de la zona de almacenaje y tratamiento.

El manual se encuentra en el Anexo 1. fue entregado de manera física en trípticos y afiches, y de modo digital al representante de la comunidad el señor Inaquiza.

3.3.2 Capacitación

La capacitación fue llevada a cabo el domingo 13 de febrero del 2022 a las 9h30; en un inicio fue convocada en la sala comunal del Barrio San Rafael, un espacio cerrado, sin embargo, al no encontrarse disponible el lugar, y el honor a la puntualidad, la reunión se llevó a cabo en un área verde a pocos metros del sitio de reunión original.

Para la capacitación, se llevaron los manuales y trípticos informativos, que fueron entregados a todos los asistentes, y se siguió la estructura de la ficha presentada en la Tabla 9.

Tabla 9. Ficha de Socialización del Manual de Tratamiento Casero y almacenaje seguro de agua.

TÍTULO DE LA SESIÓN: TRATAMIENTO CASERO CON SOBRES DE POTABILIZACIÓN Y ALMACENAJE SEGURO EN EL HOGAR		
FECHA: 13/02/2022	TIEMPO 45 minutos	FACILITADORES Alison Betancourt Alejandro Bravo
Objetivos de Aprendizaje:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer la importancia de tratar el agua de forma casera 2. Aprender el proceso de utilización de los sobres de potabilización del agua. 		

3. Adquirir conocimientos sobre la selección de envases e higiene en el almacenamiento del agua tratada

Materiales:

Folleto informativo: consta de los pasos a seguir para el tratamiento y almacenaje de agua, incluidos los parámetros de calidad del agua que se ven mejorados.

Afiche: Conformado por los pasos de aplicación del sobre de potabilización en una presentación que permita pegarlo en la pared cercana al lugar elegido para el tratamiento.

Balde/recipiente con tapa hermética: Con o sin válvula. La capacidad de los envases de la demostración fue de 12lt y 23lt. El material de los recipientes es de plástico.

Botella de medio litro: plástica reutilizada.

Sobre de potabilización: Realizado por Alejandro Bravo como propuesta en conjunto del presente trabajo para la coagulación, floculación del agua cruda de la comunidad

Actividad/ Tiempo	Descripción	Materiales
<p>Presentación y registro de asistencia</p> <p>3 minutos</p>	<p>Presentación de los tesisistas a cargo del trabajo de integración.</p> <p>Explicación de los objetivos de la presentación.</p>	<p>No aplica (NA)</p>
<p>Motivación</p> <p>3 minutos</p>	<p>Formulación de preguntas para captar la atención de los participantes:</p> <p>¿Qué significa agua segura?</p> <p>¿Conoce la importancia de consumir agua segura?</p> <p>¿Qué medidas de higiene debo considerar al manipular mi agua de consumo?</p>	<p>(NA)</p>
<p>Exposición sobre medios de</p>	<p>Explicar sobre las posibles rutas de contaminación, desde la captación del agua del cauce natural hasta el momento de consumirlo en los envases.</p>	<p>Uso del afiche de medios de contaminación.</p> <p>Anexo II.</p>

<p>contaminación del agua</p> <p>5 minutos</p>	<p>Identificar como la presencia de animales puede traducirse en contaminación con heces fecales, ya sea cerca del cuerpo de agua, los reservorios, el sitio de la toma de agua o el recipiente del almacenaje.</p> <p>Explicar que la presencia de heces se traduce en la existencia de organismos patógenos como virus, bacterias y parásitos que causan enfermedades diarreicas.</p> <p>Exponer los resultados de las encuestas sobre la incidencia de parásitos y enfermedades diarreicas</p>	
<p>Indicaciones para la selección del sitio y recipientes correctos</p> <p>5 minutos</p>	<p>Motivar a los asistentes para concluir en base a lo expuesto el mejor lugar de almacenamiento.</p> <p>Este debe ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alejado del suelo - Alejado de animales - Cercano a la zona de consumo - Limpieza periódica <p>Por otro lado, para la selección de los recipientes se sigue el mismo procedimiento deductivo.</p> <p>Los recipientes deben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tener tapas herméticas - No haber sido envases de productos peligrosos para la salud como pinturas, lacas, aceites etc. - Ser de materiales resistentes como plástico o metal - Ser fáciles de lavar y/o movilizar 	<p>Uso del afiche de selección de envases en el Anexo III.</p>
<p>Explicación sobre procesos de higienización</p>	<p>Se debe señalar que, la sanitización correcta de las manos y recipientes se traducen en el cuidado de la calidad del agua y que su importancia en la comunidad de San Rafael es relevante debido a los resultados, donde el agua de almacenaje tiene</p>	

5 minutos	<p>parámetros biológicos fuera del límite de la Norma INEN, que indican una recontaminación por mala higiene.</p> <p>Recalcar que el uso de agua y jabón en el lavado de manos, de cada uno de los recipientes antes del uso sin excepciones es indispensable para conservar el agua segura.</p>	
<p>Proceso práctico de aplicación del sobre de potabilización</p> <p>5 minutos</p>	<p>Una vez seleccionados los procesos de limpieza y selección de envases se procedió a explicar la aplicación de los sobres de potabilización:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se explicó el contenido de cada sobre, conformado por: polímero catiónico, sulfato de aluminio e hipoclorito de calcio. - Se mostró el sobre lleno de polvo heterogéneo, aclarando que debe estar lejos del alcance de los niños. - Cada sobre está diseñado para tratar un volumen de 20lt o 10 lt, usar el sobre con el volumen correspondiente. - El primer paso es colocar un poco de agua del grifo dentro de los sobres plásticos e irlo vertiendo en una botella de al menos medio litro. Repetir el proceso hasta que quede vaciado en su totalidad en la botella. - Colocar más agua y agitar vigorosamente por al aproximadamente 5 min hasta que todo se disuelva por completo. - Dejar reposar el recipiente tapado el agua durante al menos una hora. - Realizar el trasvaso del contenido lentamente de modo que el lodo precipitado no se mezcle. Es normal que cierta proporción de agua no se logre trasvasar 	<p>Botella de plástico</p> <p>Sobres de potabilización</p> <p>Recipiente hermético sin válvula</p>

<p>Indicaciones para el trasvase y almacenamiento</p> <p>3 minutos</p>	<p>Es importante mencionar que el agua tratada tiene un tiempo útil de uso de máximo tres días, periodo después del cual, esta agua debe ser desechada.</p> <p>El envase debe estar bien lavado con agua y jabón.</p> <p>Inmediatamente después del trasvase, el envase debe ser tapado.</p> <p>La salida de agua de la llave de agua del recipiente hermético no debe ser topada directamente con los dedos. Solo la llave para abrir o cerrar el flujo de agua.</p> <p>No se debe introducir los dedos, ni vasos ni otros recipientes por la entrada grande del recipiente, ya que se puede contaminar el agua.</p> <p>Posterior a la explicación didáctica se hizo la entrega de los trípticos y afiches emplastados. Se volvió a revisar el procedimiento, esta vez con la ayuda visual. Adicionalmente se explicó la <i>Tabla A</i>. presente en el tríptico del Anexo V, para que evidencien la mejora de la calidad del agua.</p>	<p>Uso de un envase sin válvula de 13 litros y un balde de 13 litros con válvula</p>
<p>Preguntas de los asistentes</p> <p>5 minutos</p>	<p>¿Cómo pueden conseguir los sobres?</p> <p>¿Cuál es el costo de los sobres?</p> <p>¿Cómo podemos colaborar con ellos para que se sigan entregando los sobres?</p>	
<p>Evaluación</p> <p>3 minutos</p>	<p>Se realizaron preguntas sobre prácticas para que señalen si son correctas o incorrectas. Por ejemplo:</p> <p>el lavado solo con agua.</p> <p>la cercanía de animales al agua almacenada.</p>	<p>Envases</p>

	El tiempo que deben dejar reposar, etc	
Entrega de sobres y envases 5 minutos	Se llevaron 20 sobres para purificar 20 litros y 20 sobres para purificar 40 litros. Se procedió a entregar 4 o 5 sobres a cada asistente, y 50 se entregó a la representante de la junta de agua. Se procedió a obsequiar tres recipientes herméticos con válvulas a los asistentes, dos de 13 litros y uno de 22 litros.	Recipientes herméticos con válvulas Sobres de potabilización

OBSERVACIONES:

La representante de la junta de agua acordó llevar a cabo una reunión con los habitantes para analizar el método de la gestión para que la población acceda a los sobres de potabilización. Para ello, solicitaron la colaboración de los facilitadores para la elaboración de estos ya que ellos no poseen los medios ni el conocimiento para realizarlos. Se les comentó sobre nuestra limitación al tener que acceder a la balanza analítica para el pesado de los reactivos del sobre. El registro oficial de la capacitación con las firmas se encuentra en el Anexo VI.

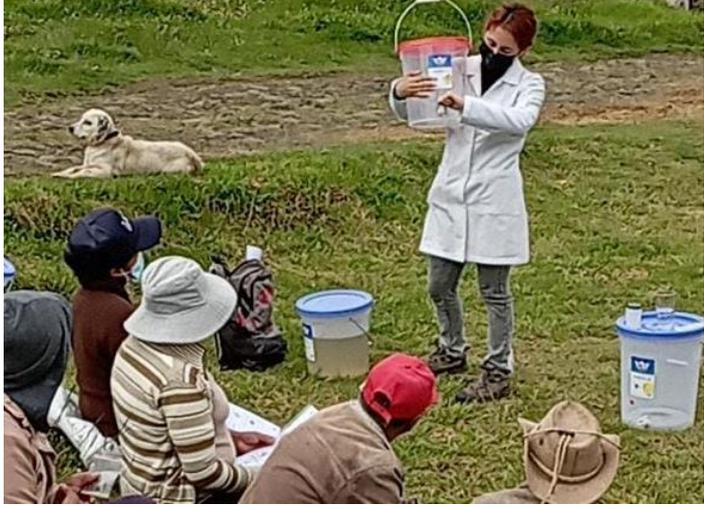
NOMBRES Y APELLIDOS	CEDULA DE IDENTIDAD
MARIA JOLUTO	171394662-0
JOSE CHICAIZA	-
FELIPE CHICAIZA	-
GUIDO SALAZAR	040047458-1
CAMEN CATICUAGO	170957019-4
LOURDES CHICAIZA	171952125-2
JUANA TOAPANTA	172561420-8
MARÍA TOAPANTA	171065804-6
MARÍA BERMEJO	171259111-2

Los pasos del manual correspondiente a la aplicación de los sobres de potabilización se sacaron del trabajo de integración curricular de Alejandro Bravo, por otro lado, las

recomendaciones del almacenaje se mencionan en textos del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, de la OMS y de “La Red” [3], [6].

En la *Tabla 10*. se puede observar de manera secuencial la evidencia fotográfica sobre los pasos detallados en la Ficha de Socialización.

Tabla 10. Evidencia fotográfica de la socialización.

Actividad	Evidencia fotográfica
<p>Presentación y registro</p>	
<p>Selección de envase correcto</p>	

Prácticas de higiene



Aplicación de los sobres de potabilización



Consumo del agua tratada como demostración



Indicaciones del almacenaje



Entrega de material de obsequio a la comunidad





La acogida por la comunidad fue positiva, los asistentes se mostraron conformes con lo expuesto ya que de varias visitas por parte de estudiantes es la primera vez que se les entrega algo aplicable, demuestran ganas de aprender y cambiar de hábitos.

3.4 Conclusiones

- La comunidad de San Rafael, a pesar de contar con servicio de electricidad forma parte del gran porcentaje de zonas rurales del Ecuador que no poseen agua potable. Al contar con una red de distribución centrarse en el tratamiento casero de agua y su almacenaje seguro en la mejor alternativa a corto plazo para proveer de agua segura a los pobladores, esto mientras esperan que las respectivas entidades públicas como el EMAPS y privadas como el FONAG provean de la estructura necesaria para una planta de potabilización para el barrio.
- Al indagar mediante la encuesta e inspección visual, se logró identificar que el 36,36% de encuestados señala que no le da ningún tipo de tratamiento y la consume directamente. Es decir que, tal como se muestra en los resultados de los parámetros de calidad del agua no tratada, se constata que la población está consumiendo agua fuera de los límites establecidos en la norma INEN 1108, específicamente con los parámetros de turbidez y color. Por tanto, se notó la necesidad de un tratamiento para disminuir estos parámetros. El tratamiento

elegido fue el de los sobres de potabilización sugerido por Alejandro Bravo en su Trabajo de integración curricular, considerándolo en la Matriz de análisis de métodos de tratamiento y almacenaje seguro del presente trabajo, junto con métodos sugeridos por la OMS.

- El 36,36% de la población encuestada hierve el agua y la almacena durante aproximadamente un día, sin embargo, el almacenaje de agua no se lo llevaba a cabo de manera correcta según las sugerencias de “La Red” y de la Guía de agua Segura proporcionadas por la OMS y el Ministerio de Salud pública del Ecuador respectivamente, esto se debe a que porción de pobladores que almacenan el agua ocupa recipientes abiertos, metálicos al momento de hervir el agua, es decir, la dejan en el mismo recipiente, y al quedar abiertos son susceptibles a contaminarse; en un hogar encuestado, donde no cuenta con grifo dentro de su domicilio, se usan baldes que evidencian la presencia de suciedad. Adicionalmente el lavado de manos y recipientes no se realiza de forma frecuente en las casas encuestadas. Por tanto, se notó la importancia de brindar herramientas de concientización sobre estos dos aspectos: la selección correcta de recipientes y la correcta sanitización, que como se indica en la justificación del presente trabajo, influye positivamente evitando recontaminación biológica.
- En base a las encuestas, podemos notar que el 9,1% de adultos sufre de afecciones diarreicas 1 o 2 veces al año, mientras que en los niños esta frecuencia aumenta a 1 o 2 veces al mes en el 33,3% de los niños. Evidenciando que la población mas susceptible es la infantil, concordando con los datos proporcionados por la OMS y la UNICEF [9]. La totalidad e la población encuestada señala que en sus chequeos médicos se les informa sobre la presencia de parásitos en sus análisis clínicos. De este modo se evidencia el énfasis que se debe dar al tratamiento de agua de la población y a sus hábitos de higiene.
- Para la selección del método adecuado de tratamiento casero y almacenaje seguro de agua en la comunidad San Rafael se diseñó una matriz cualitativa, en la cual se seleccionaron aspectos como el precio, la facilidad de manejo, la accesibilidad o facilidad de compra, la dificultad técnica y de manejo, la resistencia de los materiales y la eficiencia del uso. Se seleccionaron 4 métodos generales establecidos y comercializados por diferentes empresas sugeridas por la OMS: Life Straw Family 1.0, Life Straw Family 2.0, TULIP wáter system y filtros de cerámica; se consideró 1 método adaptado a la comunidad de coagulación floculación llamado “Sobres de potabilización + contenedor con válvula” y como ultimo método se

analizó el utilizado por la comunidad correspondiente al “Hervido + almacenado en ollas”. De estos 6 métodos el mas económico fue el de los sobres de potabilización con el contenedor hermético. Este método posee una eficiencia de remoción de carga contaminante positiva al estar acompañada de buenas prácticas de higiene, adicionalmente es fácil de instalar y utilizar.

- Una vez establecido el método, se diseñó un afiche corto y gráfico de modo que los pobladores puedan entender paso a paso el proceso que deben seguir para el tratamiento casero del agua con los sobres de potabilización, la selección correcta de los recipientes a utilizar y los hábitos de higiene para evitar la recontaminación. Este consta de 9 pasos explicados en el Anexo I.
- La socialización del presente trabajo comprende uno de los aspectos más importantes a considerar, puesto que el beneficio de la aplicación del manual esta exclusivamente diseñado para la población de San Rafael. Al tratar su agua y manejarla correctamente la carga patógena disminuirá, y por tanto la salud de la población se verá beneficiada mientras se espera la construcción de una planta potabilizadora esta es la mejor alternativa para tratamiento, sin embargo, la limitación de la aplicación del método de los sobres radica en la necesidad de una balanza analítica una fuerte gestión por parte de la comunidad para la compra de los reactivos y la distribución de estos.
- En el proceso de socialización se evidencia una acogida positiva por parte de los asistentes, estos me mostraron interesados y agradecidos. En el cierre de la reunión acordaron organizarse internamente solicitando la ayuda de los facilitadores de la charla para poder acceder a los sobres de potabilización de manera constante. Sin embargo, del total de familias que habitan la zona hubo la presencia de 9 pobladores, es decir, no se logró llegar de forma directa con la capacitación presencial a todos los pobladores, por ello se facilitó por medio digital al presidente de la comunidad el manual y se le hizo la entrega de sobres restantes a la representante de la junta de agua de San Rafael para que gestionen la entrega en conjunto.

3.5 Recomendaciones

- Dado que los valores de los parámetros de la calidad el agua se tomaron únicamente en un periodo de dos meses, se sugiere realizar un análisis anual para notar las variaciones en la turbiedad, color y coliformes fecales para poder analizar

posibles nuevas concentraciones de los reactivos de los sobres de potabilización que acompañan el método de almacenaje.

- En vista de la falta de una balanza analítica para el pesado de los reactivos y de gente capacitada dentro de la comunidad para que lo hagan por sus medios, se recomienda realizar una gestión interna como institución para poder brindar esta ayuda a la comunidad que en más de una ocasión ha abierto sus puertas para la investigación de estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional.
- Se debe en lo posible procurar llegar a toda la comunidad para que el beneficio sea a la mayor proporción posible de pobladores; por otro lado, se debe realizar el seguimiento pertinente para evidenciar si los pobladores siguen aplicando la metodología entregada en el manual para el tratamiento casero y almacenaje seguro de agua.
- Este tipo de modelos se debería replicar al resto de comunidades rurales dentro y fuera de la provincia, de igual modo que los estudiantes de las universidades se encarguen de proveer de información e implementos a estas comunidades que viven consumiendo agua sin tratar y exponen su salud a numerosos agentes patógenos.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- [1] UNESCO, «Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: No dejar a nadie atrás. París,,» 2019. [En línea]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>. [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [2] MSP - PASSE, Manual de Operación y Mantenimiento - Guía para las Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento “JAAPs, Quito- Ecuador, 2009.
- [3] Ministerio Salud Pública, «Guía de Agua segura,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Agua-Segura.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2022].

- [4] Fewtrell L, Kaufmann RB, Kay D, Enanoria W, Haller L, Colford JM Jr. Water, Sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis* 5, 2005, pp. 42-52.
- [5] Clasen T, Roberts I, Rabie T, Schmidt W, Cairncross S, «Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea. *Cochrane Database of Systematic Reviews*,» 2006. [En línea]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26488938/>. [Último acceso: 16 Diciembre 2022].
- [6] O. M. d. I. Salud, «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,» suiza, 2007.
- [7] Organización Mundial de la Salud, «Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda.,» 2018. [En línea]. Available: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>. [Último acceso: 15 enero 2022].
- [8] Instituto Ecuatoriano de normalización, *NTE INEN 1108. Agua potable. Requisitos. Quinta revisión*, 2014.
- [9] O. &. UNICEF, «2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro,» 17 julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>. [Último acceso: 22 diciembre 2021].
- [10] Apella, M. C., & Araujo, P. Z., «Microbiología del agua. Conceptos básicos.,» (2005). [En línea]. Available: https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2022].
- [11] Organización Mundial de la Salud, «Helmintiasis transmitidas por el suelo.,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [12] Ministerio de Ambiente , «Acuerdo Ministerial No. 028,» febrero 2015. [En línea].
- [13] Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L. A., & Mora-Alvarado, D., «La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica.,» *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 31, nº 1, pp. 35-46., 2018.
- [14] Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., García, M. D. C., Marcó, L., & Azario., «La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales.,» de *Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay Higiene y Sanidad Ambiental*, 4(11), Uruguay, 2004.

- [15] C. A. S. Ramírez, «Calidad del agua: evaluación y diagnóstico,» *Ediciones de la U.*, 2021.
- [16] A. Aznar, «Determinación de los parámetros físicos químicos de la calidad de Agua.,» 2000. [En línea]. Available: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otrosrecursos-1/OR-F-001.pdf> . [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [17] MSP- EPMAPS, Guía de agua segura, Ecuador, 2019.
- [18] Organización Mundial de la Salud, Sanitización y principios generales de higiene. Agua Segura, 2002.
- [19] Oxford Medicine, Oxford textbook of global public health, Oxford University Press, 2015.
- [20] Constitución de la República del Ecuador, *Decreto legislativo 0. Registro oficial 449.*, 2008.
- [21] Ley orgánica de Recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua , *ley 0. Registro oficial suplemento 305*, 2014.
- [22] GAD Checa, «Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Checa.,» Quito, 2015.
- [23] IGM, «Capas de Información geográfica del IGM de Libre Acceso (Escala 1:50 000).,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>.
- [24] SENPLADES, «Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>.
- [25] FONAG-EMAPS., «Red integrada de monitoreo hidrometeorológico 2020,» Anuario Hidrometeorológico, Quito, 2021.
- [26] Carranco Banda, Mónica Alexandra; Lascano Ortiz, Virginia Alexandra, Plan estratégico de desarrollo participativo de la parroquia Checa, provincia de Pichincha. Trabajo de Graduación previo la Obtención del Título de Economista. Carrera de Economía, Quito: Universidad Central del Ecuador, 2012.
- [27] INEC, «Fascículo provincial de Pichincha,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>.
- [28] GAD Checa, «Acta de conferencia,» de *Acta de conferencia Checa*, Quito, 2019.
- [29] Aguilarr-Baroja, A., «Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de Salud en Tabasco.,» *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de Salud en Tabasco.*, vol. 11, nº 1-2, pp. 333-338, 2005.
- [30] Rojas, J, Calidad del Agua. Escuela colombiana de Ingeniería, Colombia, 2009.

- [31] Standard Methods, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Madrid: American Public Health Association. , 2017.
- [32] Iguana Green , «LifeStraw® Family 1.0 Tratamiento doméstico del agua para familias,» Enero 2022. [En línea]. Available: <http://iwanagreen.com/documentos/pdf/LifeStraw-Family-1-0.pdf>. [Último acceso: 28 Diciembre 2021].
- [33] ANSAM, «Análisis y soluciones ambientales. Life Straw 2.0, soluciones ambientales.,» 2022. [En línea]. Available: <https://ansam.mx/lifestraw-family-2-0/>. [Último acceso: 22 Enero 2022].
- [34] Tulip Technology , «Tulip/technology,» BWN, 2022. [En línea]. Available: <https://www.basicwaterneeds.com/tulip-technology/>. [Último acceso: 12 Enero 2022].
- [35] HOREB, «Filtro purificado de agua HOREB,» Filtros de agua HOREB, 2021. [En línea]. Available: <https://filtros-horeb.com/> . [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [36] Guerrero & Horeb, «Filtros de Agua Cerámicos para Ecuador,» GOTEQ agua y vida., 2021. [En línea]. Available: <https://www.goteo.org/project/filtros-de-agua-ceramicos-para-ecuador>. [Último acceso: 28 Enero 2022].
- [37] JHVJH, «BHJBMNB,» KB ,MN , K BJH . [En línea].
- [38] L. A. R. M. C. G. M. D. C. M. L. & A. R. Marcó, La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y, Mexico, 2004.
- [39] FONAG- EMAPS, «Anuario Hidrometeorológico 2020,» Quito-Ecuador, 2021.