

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO
Y EN ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN TRES MUNICIPIOS DEL
DEPARTAMENTO DE OLANCHO, HONDURAS**

POR:

ALEX XAVIER PINEDA AMADOR

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2022

**DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO
Y EN ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN TRES MUNICIPIOS DE OLANCHO,
HONDURAS**

POR:

ALEX XAVIER PINEDA AMADOR

M.Sc. NELYS HERRERA.

Asesor Principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

Catacamas, Olancho

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de la Práctica Profesional Supervisada certificamos que:

El estudiante **ALEX XAVIER PINEDA AMADOR** del IV Año de Ingeniería en alimentos presentó su informe intitulado:

**DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO Y EN ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN TRES MUNICIPIOS
DE OLANCHO, HONDURAS**

El cual, a criterio de los evaluadores, _____ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero en Alimentos

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, a los veinte días del mes de octubre del año dos mil veintidós.

M.Sc. NELYS HERRERA

Asesor principal

M.Sc. DANELIA MEDINA

Asesor auxiliar

M.Sc. JAIME SALGADO

Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

A **DIOS** que en todo momento estuvo presente si el este trabajo no hubiera sido posible

A mis **PADRES Dora Isolda Amador Lagos y Oscar Hernan Pineda Vallejo** son mis impulsores y están conmigo en cada momento sin importar las circunstancias

A **TODAS LAS PERSONAS** que directa o indirectamente influyeron en mi vida estudiantil y confiaron a ojos cerrados en mis capacidades.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión de la Dra. Nelys Herrera, Ing. Daniela Medina, M. Sc Jaime Salgado y M.Sc. Ramón Zuniga, a quienes me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento por su tiempo y dedicación que tuvieron para obtener resultados exitosos. Gracias por su apoyo, por ser parte de la columna vertebral de mi tesis.

A MIS PADRES DORA ISOLDA AMADOR Y OSCAR HERNAN PINEDA, por darme la vida y apoyarme en todo lo que me he propuesto durante mi educación universitaria, ya que sin ellos no hubiera logrado mis metas y sueños. Por ser mi ejemplo a seguir, por enseñarme a continuar aprendiendo todos los días sin importar las circunstancias y el tiempo.

A las personas que aparecieron como reflejo de Dios, gracias a Cesar Mejía y a su familia por acogerme en su casa de habitación, también a la familia Cerrato Rodríguez por su hospitalidad durante mi trabajo de investigación, a mi novia Melissa Palencia por estar en cada momento para mí incondicionalmente.

A mis compañeros Francisco García, Luis Carlos Solórzano, Denis Joel Padilla, Elton Mendoza, Cristian Jiménez y Lenin Ramírez por ser un apoyo para mí y estar cuando más los necesite.

Por último y más importante gracias a Dios por brindarme la oportunidad de vivir, por permitirme disfrutar cada momento de mi vida y guiarme por el camino que ha trazado para mí.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
CONTENIDO.....	6
RESUMEN	3
I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo general	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
III. HIPOTESIS	7
3.1. Hipótesis nula (H_0)	7
3.2. Hipótesis alterna (H_a)	7
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
4.1. El agua	8
4.2. Calidad del agua	8
4.3. Agua para consumo humano	9
4.4. Parámetros que determinan la calidad del agua	10
4.4.1. Parámetros organolépticos del agua.....	10
4.4.2. Parámetros fisicoquímicos.....	12
4.4.3. Parámetros microbiológicos	14
4.5. Calidad del agua en Honduras	17
4.6 Estrategias de mitigación y prevención para mantener la calidad del agua.....	18
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1. Lugar de investigación	19
5.2. Materiales y equipo	19

5.3. Diseño experimental.....	20
5.3.1 Etapa 1: Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua	21
Parámetros microbiológicos	22
5.3.2. Segunda etapa:.....	24
5.3.3. Etapa 3 Programa de capacitación	25
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
VII RECOMENDACIONES	33
VIII. CONCLUSIONES.....	34
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	35
XII. ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Parámetros Organolépticos del agua	11
Tabla 2 Parámetros Fisicoquímicos del agua	14
Tabla 3 Parámetros Bacteriológicos del agua (Norma técnica de Agua potable en Honduras)	17
Tabla 4 Materiales	19
Tabla 5 Distribución de las muestras fisicoquímicas (M. FQ) y microbiológicas (M.M) con respecto a cada comunidad	20
Tabla 6 Información de los análisis fisicoquímicos realizados	24
Tabla 7 Resultados de alcalinidad P y alcalinidad M en el municipio de la Chinga.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Ilustración 1 Localización del proyecto	19

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1 UFC promedio para las comunidades del municipio de San Francisco de la Paz	29
Gráfico 2 UFC promedio para las comunidades del Municipio de Yocon.....	30
Gráfico 3 UFC promedio para las comunidades de la Mangulile	30

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Tabulación de datos microbiológicos de las comunidades de SFP	39
Anexo 2 Tabulación de datos fisicoquímicos de las comunidades de Yocón.....	40
Anexo 3 Tabulación de datos microbiológicos de las comunidades de Yocón	41
Anexo 4 Tabulación de datos fisicoquímicos de las comunidades de Mangulile	42
Anexo 5 Tabulación de datos microbiológicos de las comunidades de Mangulile.....	43
Anexo 6 Charla en la comunidad del Coyolar, SFP	43
Anexo 7 Plantilla para la tabulación de datos después de analizarlos en el laboratorio	44
Anexo 8 Análisis de las muestras en el laboratorio.....	44
Anexo 9 lista de asistencia de las capacitaciones realizadas.....	44
Anexo 10 Preparación del equipo de apoyo en la comunidad de La Avispa, SFP	45
Anexo 11 Charla sobre algunas estrategias de mitigación	45
Anexo 12 Ficha utilizada para la toma de muestra in situ.....	45
Anexo 13 Contaminación en llaves.....	46
Anexo 14 Charlas de estrategias de mitigación, municipio de Mangulile	46

RESUMEN

La calidad del agua representa un problema en todo el mundo. En áreas densamente pobladas, existe un enorme deterioro en los parámetros de calidad del agua debido a las actividades humanas, la urbanización, la industrialización y la eliminación de desechos. Es por ello que las instituciones involucradas en este estudio (Mundo renovado, Diaconía Nacional Secretaría de Salud de Honduras Regional 15, Juticalpa Olancho y Universidad Nacional de Agricultura) establecieron que los principales objetivos de esta investigación fueron determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de 11 municipios de tres municipios del departamento de Olancho, Honduras. Los sitios de muestreo se identificaron en función a distintos factores como ser: la cantidad de habitantes, el total de viviendas y el número de fuentes de agua de cada comunidad. El número de muestras realizadas fueron 72 fisicoquímicas y 69 microbiológicas con las que se evaluaron 24 parámetros fisicoquímicos de calidad de agua y 2 microbiológicos entre ellos *Coliformes* totales y *E. coli*. Los resultados obtenidos después del análisis de los 24 parámetros fisicoquímicos en las comunidades de los 3 municipios, arrojaron valores dentro de los parámetros establecidos mientras que los análisis microbiológicos presentaron resultados elevados en su totalidad para testificarlos se evaluaron las unidades formadoras de colonias (UFC). Se puede concluir que los parámetros microbiológicos se vieron más afectada en todos los municipios en cambio los parámetros fisicoquímicos del agua, presentaron resultados satisfactorios para el bienestar de las comunidades involucradas en el estudio, también como consecuencia de lo expuesto se pudo observar que las propiedades microbiológicas del agua fueron fuertemente influenciadas por la falta de higiene de la población. En respuesta a esta problemática durante las charlas con los pobladores se promovieron las estrategias integradas de mitigación de fuentes de agua, entre ellas los planes de saneamiento de los tanques de almacenamiento de agua.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua destinada para el consumo humano y en las actividades agropecuarias guarda una estrecha relación con las condiciones de salud de la población que la utiliza ya sea para consumo o uso agrícola. Las Buenas Prácticas Agrícolas y Ambientales (BPAA), tienen el propósito de orientar a los productores hacia una agricultura sostenible y ecológicamente segura, para obtener productos inocuos y de mayor calidad contribuyendo con la seguridad alimentaria a través de la generación de ingresos mediante el acceso a mercados y mejorando las condiciones laborales de los productores y sus familias (FAO 2022).

Estudios previos realizados en el área rural, han demostrado alta incidencia de casos de enteritis en niños y adultos, provocadas principalmente por parásitos y contaminación por agroquímicos en personas que consumen ciertos alimentos. Acciones de prevención y manejo integral de la salud de las comunidades es el procedimiento correcto para obtener agua de calidad de las fuentes de agua y la implementación de las buenas prácticas agrícolas y ambientales, de tal manera que se garantice a la población agua potable y de alta calidad que a su vez generen productos agrícolas inocuos (Pérez-López 2016).

Es por eso que se realizó el estudio de la calidad del agua en los municipios de San Francisco de la Paz, Yocón y Mangulile del departamento de Olancho, como instrumento que permita garantizar la calidad del agua para consumo humano y de uso agrícola de los pobladores de estos municipios; ya que el agua tiene la capacidad de ser vehículo para diferentes agentes microbianos como bacterias, protozoarios, helmintos, virus, levaduras, compuestos químicos y minerales que pueden afectar la salud de las personas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar la calidad del agua para el consumo humano y de uso agrícola, en los municipios de Yocón, Mangulile y San Francisco de la Paz del departamento de Olancho; mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

2.2 Objetivos específicos

Medir los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano y de uso agrícola, en los municipios de Yocón, Mangulile y San Francisco de la Paz del departamento de Olancho, mediante determinaciones en el laboratorio.

Analizar la presencia de *coliformes* totales, *coliformes* fecales y *E. coli* del agua para consumo humano y de uso agrícola, en los municipios de Yocón, Mangulile y San Francisco de la Paz del departamento de Olancho, mediante la técnica de petrifilm.

Determinar los mecanismos de mitigación y prevención por medio de reuniones en donde participaran grupos seleccionados, para mejorar y mantener la calidad del agua en las comunidades pilotos del estudio

Capacitar a los pobladores de las comunidades en temas relacionados con la calidad del agua, mediante asambleas comunitarias para concientizar a la población.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis nula (H_0)

H_0 = El agua de estos municipios cumple con los requerimientos de calidad y es aceptable para consumo humano y uso en las actividades agropecuarias.

3.2. Hipótesis alterna (H_a)

H_a = El agua de estos municipios no cumple con los requerimientos de calidad y no es aceptable para consumo humano y usos en las actividades agropecuarias.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. El agua

El agua es un compuesto con características únicas de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y también es muy importante en todos los procesos biológicos y físico-químicos que gobiernan el medio natural. Según (FAO 2022) el agua, al igual que varios elementos como: el aire, el fuego y la tierra fueron los que formaron el principio del mundo. Grandes científicos como Monge, Priestley y Watt contribuyeron al descubrimiento de la composición del agua. Pero es el químico francés Lavoisier, con ayuda de el astrónomo Laplace en el año 1783 descubrieron que el agua estaba compuesta por oxígeno e hidrogeno

Debido a la importancia que tiene el agua en la vida del hombre, si esta está contaminada, se puede convertir en un factor con gran potencial para producir y transmitir una amplia cantidad de enfermedades llamadas enfermedades hídricas (Tebbutt 2002). El agua es importante para la mayoría de actividades que tengamos que realizar, tales como: actividades domésticas, limpieza personal y actividades agrícolas, el agua es necesaria para la producción industrial, mantener los ecosistemas, que dependen de este vital líquido (FAO 2022).

4.2. Calidad del agua

Para (CEDEX 2000) la descripción y el análisis de la calidad del agua es un tema muy complejo, se encuentra en controversia ya que existen diferentes parámetros y metodologías para auditar e informar sobre el carácter cualitativo de este vital líquido. Existen distintos problemas, pero la raíz está en que para unas regiones puede significar algo y para otras un concepto diferente. Los conocimientos sobre la calidad del agua van evolucionando con el

pasar de los tiempos este criterio dependerá de su utilidad puede ser para uso potable, agropecuario o industrial. Según (Chulluncuy, Camacho 2011) la calidad del agua, es un estado de esta, se caracteriza por composición tanto química física y biológica, este estado deberá causar su empleo sin causar daño, para lo cual debe tener dos características: libre de sustancias y microorganismos que afecten de manera negativa sus características.

4.3. Agua para consumo humano

Las actividades realizadas por los humanos han llevado a cabo una modificación de los factores o parámetros de este recurso hídrico según (Chulluncuy, Camacho 2011) estas actividades han alcanzado grandes niveles de contaminación que ponen en riesgo el agua disponible para consumo humano por esta razón es que se han implementado técnicas y tratamientos para tratar el agua que son cada vez más complejos. Según la (OMS 2020) podemos guiarnos de un número de requisitos básicos e indispensables para asegurar y garantizar la seguridad del agua para consumo humano estas giran en torno a infraestructuras de proceso adecuadas, un monitoreo correcto y una gestión eficaz.

La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones del bienestar de las personas, sus características pueden favorecer tanto la transmisión como la prevención de diferentes agentes patógenos. La calidad del agua para consumo humano está determinada por una normativa por cada región en algunas ocasiones cada país tiene una normativa. Según (Chulluncuy, Camacho 2011) puede haber diferentes fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, estas pueden provenir de aguas lluvias, de aguas superficiales o de aguas subterráneas; luego de obtenerse se tiene que someter a un proceso para que esta esté apta para consumirla. Para determinar la calidad de agua en Honduras se utiliza la normativa tenia de agua potable de Honduras establecida en octubre de 1995.

4.4. Parámetros que determinan la calidad del agua

Los parámetros que determinan la calidad del agua pueden ser fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo a las características que se analicen se comparan con los parámetros que están dictados y estandarizados por cada norma técnica regional (FAO 2022).

4.4.1. Parámetros organolépticos del agua

Según (Tebbutt 2002) las propiedades físicas del agua son casos sencillos de medir, algunas de las cuales las podemos percibir por medio de nuestros sentidos son también llamados parámetros sensoriales. Las aguas naturales al estar en contacto con diferentes agentes como ser: aire, vegetación, y el suelo entre otros, esta incorpora parte de los mismos ya que el agua gracias a sus propiedades los arrastra (Tolba 1992).

4.4.1.1. El color del agua

EL color es una de las propiedades organolépticas o físicas del agua este se ve afectado por la presencia de materias disueltas, entre los que se puede mencionar moléculas orgánicas complejas derivadas de materias primas vegetales tales como: palos, hojas entre otros. Para esto (Trujillo y Cajigas 2018) nos dice que su efecto puede ser aumentado por presencia de suspensión, es por esto que a la hora de procesarlo para consumirlo tiene que pasar por un filtro. En casos no muy normales el color en este líquido se puede ver afectado por iones de hierro y manganeso.

4.4.1.2. El sabor del agua.

El agua debe de cumplir con ciertos estándares de calidad, inocuidad y debe de cumplir con algunas expectativas relacionadas con el sabor (Rahman et al. 2017). la detección de un determinado sabor extraño al del agua para consumo humano está asociado a una percepción de baja calidad podemos determinar la calidad del sabor del agua por medio de un análisis sensorial. El sabor del agua es muy importante a la hora de ser evaluado por los consumidores es por eso que los proveedores de este vital líquido se preocupan mucho por mantener la calidad de este parámetro ya que el agua consumida por las personas debe ser sin sabor. (Torres-Silva et al. 2020).

4.4.1.3. Olor del agua

En su estado normal el agua carece de sabor por lo tanto es insípida pero cuando entra en contacto con sustancias orgánicas o inorgánicas que se encuentran en el ambiente y estas se disuelven en la misma, comienza a adquirir sabores característicos (Rahman et al. 2017). El agua para consumo humano no debe de tener ningún olor, algunas veces se puede ver que el agua pueda oler, puede ser debido a una serie de motivos como contacto con químicos inestables, materia orgánica indeseables y en algunos casos los microorganismos juegan un papel importante en esta característica (Tebbutt 2002)

Parámetros Organolépticos del agua

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	Mg/l (pt-co)	1	15
Turbiedad	Unt	1	5
Olor	Factor Dilución	0	2 a 12 °c 3 a 25 °c
Sabor	Factor Dilución	0	2 a 12 °c 3 a 25 °c

Tabla 1 Parámetros Organolépticos del agua

4.4.2. Parámetros fisicoquímicos

El agua químicamente pura está conformada por dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxígeno, a temperatura ambiente es un líquido incoloro, inodoro e insípido. Las sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o causadas por el hombre estas van a definir su composición física y química (Biadglegne et al. 2009). Los diferentes tipos de agua se valoran a partir de variables físico- químicas evaluadas individualmente o de forma grupal, estas características del agua dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, estos parámetros cuando se someten a estudios deben ir acompañados de los parámetros biológicos para asegurar una mejor interpretación de datos (Ruiz y Escobar 2019).

La ventaja de los parámetros físico- químicos radica en que sus análisis o estudios suelen hacerse de manera más rápida y estos también pueden ser monitoreados con una mayor constancia, en comparación con los otros parámetros. Para tomar muestras y realizar estudios físico químicos del agua debemos de tener en cuenta requisitos establecidos para una adecuada toma de muestras, las muestras de agua deben de tomarse en lugares representativos de la fuente de abastecimiento, a la salida de proceso de tratamiento y en diferentes puntos del sistema de distribución (OMS 2020). Dentro de los análisis que se pueden realizar para determinar la calidad fisicoquímica tenemos: dureza, temperatura, solidos disueltos totales, conductividad, turbidez, nitratos, nitritos, Ph, y alcalinidad, entre otros.

4.4.2.1. pH

La intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra se mide en la escala de pH, que en realidad mide la concentración de iones de hidrogeno presentes en el agua, el pH controla muchas reacciones químicas y bioquímicas, también está presente en las actividades biológicas, comúnmente el pH del agua es 7 indica que no es un pH ácido ni básico, sino que es un pH neutro, en algunos casos puede haber aguas con pH de entre 6 a 8. Las aguas muy

ácidas o muy alcalinas son aguas indeseadas debido a que son corrosivas y presentan dificultades en su procesamiento (Tebbutt 2002).

4.4.2.2. Dureza

La dureza es la propiedad del agua que evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua a temperaturas altas, es debida principalmente a los iones metálicos entre ellos el calcio y el manganeso, aunque también podemos encontrar el hierro y el estroncio los metales están relacionados con HCO_3 , SO_4 , Cl y NO_3 . Las altas concentraciones de estos metales representan riesgo para la salud (Tebbutt 2002). La dureza se puede expresar en diferentes unidades, una de las más comunes es en concentración de carbonato calcio ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$). La clasificación del agua según la dureza, según la escala de Merk, es la siguiente: De 0 a 79 mgCaCO_3/l , muy blanda, de 80 a 149 mgCaCO_3/l , blanda, de 150 a 329 mgCaCO_3/l , semi dura, de 330 a 549 mgCaCO_3/l , Agua dura y más de 550 mgCaCO_3/l , muy dura (Julián-Soto 2010)

4.4.2.3. Conductividad

Podemos decir que la conductividad del agua es la capacidad de la misma para conducir una corriente eléctrica que atrae los iones disueltos, cuando los iones son positivos nos indica que se trata del sodio, calcio, potasio y magnesio (Chulluncuy, Camacho 2011). La conductividad se ve afectada por el tipo de sales presentes, tipo de disolución, temperatura, gases disueltos, pH y algunos factores que afectan la solubilidad. En el caso de las aguas tratadas, la conductividad debe situarse en el rango de 1000 y 500 esto va depender del reglamento o normativa de nuestra región, es importante mencionar que en el agua las sales minerales juegan un papel importante ya que estas son buenos conductores mientras que las sustancias orgánicas tienen conductividad baja (Pérez-López 2016).

4.4.2.4. Nitratos y nitritos

Los niveles de nitritos y nitratos en aguas de consumo humano son un indicador importante de la calidad del agua ambos grupos se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal estos se usan como indicador de contaminación fecal en aguas residuales. Por otro lado, los nitratos no se consideran en si tóxicos pero la ingesta de grandes porciones produce efectos en la salud como ser efectos diuréticos. Los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos las nitrosaminas cuando reaccionan con otros compuestos pueden ocasionar metahemoglobina en las personas que los consuman(Cabrera Molina et al. 2003).

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo admisible
Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µs/cm	400	-
Dureza	mg/L CaCO_3	400	-
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L	-	0.2
Calcio	mg/L CaCO_3	100	-

Tabla 2 Parámetros Fisicoquímicos del agua

4.4.3. Parámetros microbiológicos

Es el parámetro más sensible cuando nos referimos a la calidad del agua para consumo humano y para uso doméstico, es libre de organismos patógenos que puedan causar daños en la salud del consumidor, la presencia e incremento de virus, bacterias, parásitos y hongos surge usualmente por efecto directo e indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población tales como la urbanización no controlada, aquí el principal problema es que las viviendas no tienen tuberías de aguas residuales, otro factor que juega un papel importante es el crecimiento industrial y disposición inadecuada de excretas humanas y animales (Gómez-Gutiérrez et al. 2016). La calidad microbiológica del agua es la más importante ya que es donde más se pone en peligro la salud y bienestar de los consumidores para esto se tiene que medir algunos parámetros bacteriológicos tales como: *Coliformes* totales, *coliformes* fecales y *E. coli*.

La toma de muestra de agua para realizar el examen bacteriológico, es una operación que debe efectuarse con el mayor cuidado posible. Una contaminación accidental en el momento de la obtención, el envío de la muestra en condiciones inadecuadas o cualquier otro descuido durante la extracción, hacen variar fundamentalmente los resultados del examen, e impiden por lo tanto deducir conclusiones sobre la calidad bacteriológica del agua (Galan-Madruga et al. 2018).

4.4.3.1. *Coliformes* totales

Son microorganismos de la familia de las Enterobacterias. Comprenden distintos géneros como: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*. Son bacterias que viven en el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Su presencia en el agua indica contaminación microbiana reciente sin informar de su origen y una deficiente calidad del agua. No son específicos de contaminación fecal, excepto el género *Escherichia*. No se admite la presencia de ninguna unidad formadora de colonia en 100 ml de muestra (Cortés-Lara 2003).

4.4.3.2. Coliformes fecales.

Los *coliformes* fecales son un subgrupo de bacterias de *coliformes* totales su estructura parecida a la de una bacteria en común que se llama *Escherichia coli* que está dentro de esta denominación, se localiza normalmente en el sistema digestivo del hombre y de los animales hay diferentes tipos de esta bacteria algunas con mayor peligro pudiendo llegar hasta causar la muerte. Todas las formas patógenas de esta bacteria y otras por tener forma similar y se les conoce como *coliformes* fecales se transmiten a través de las excretas y comúnmente por la ingestión de aguas contaminadas (Molina y Brenes 2010). La *Escherichia coli* no sobrevive mucho a agua de mar, pero otros *coliformes* fecales si, por lo que está presente en los ríos y otras fuentes de agua, antes de procesar el agua para consumo humano es importante que se conozca sus niveles de *coliformes* fecales para tratar de disminuirlo al máximo ya que pueden causar grandes daños en la salud.

ORIGEN	PARÁMETRO (b)	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
A. Abastecimiento con agua para entubada.	<i>Coliformes</i> Totales	0	3
Al. Agua no tratada que entra en el sistema de distribución.	<i>Coliformes</i> Fecales	0	0
Al. Agua tratada que entra en el sistema de distribución	<i>Coliformes</i> Totales	0	0
	<i>Coliformes</i> Fecales	0	0

A3. Agua en el sistema de distribución	<i>Coliformes</i> Totales	0	0
	<i>Coliformes</i> Fecales	0	0
	<i>Coliformes</i> Totales	0	3
B. Abastecimiento con agua no entubada.	<i>Coliformes</i> Totales	0	10
	<i>Coliformes</i> Fecales	0	0

Tabla 3 Parámetros Bacteriológicos del agua (Norma técnica de Agua potable en Honduras)

4.5. Calidad del agua en Honduras

En 70 % de la población de Honduras, unos 6,3 millones de personas, tiene acceso al agua, pero no toda es segura para el consumo. El 70 % de la población de Honduras tiene acceso de diferentes maneras a servicios de agua, pero no se puede asegurar que esa agua sea potable, ni siquiera agua limpia. Se sabe que el 30 % de los hondureños, unos 2,7 millones de personas, usa agua de fuentes superficiales, es decir, que utilizan agua de ríos, quebradas o pozos subterráneos. Garantizar el acceso al agua potable en Honduras es un "acto de justicia. El 25 % del territorio nacional es área protegida con "muy buena calidad" del líquido (Pineda 2019).

Según (Pineda 2019) el corredor seco hondureño parte del centro, sur y occidente del país es una de las regiones más afectadas por la falta de acceso al agua potable en el verano debido a la sequía y el costo de distribución. La oferta de agua de Honduras es de 87.000 hectómetros

cúbicos por año, pero la demanda del líquido (2.300 hectómetros cúbicos) "no es satisfecha" en relación a la cobertura total de acceso, ya que aún existe una brecha del 15 % a nivel nacional, 17 % en el área rural y el 7 % en la urbana, según cifras oficiales.

4.6 Estrategias de mitigación y prevención para mantener la calidad del agua

Según(Rojas 2002) la OMS ha definido tres elementos básicos que todo programa de mitigación y prevención debe contener y que son perfectamente aplicables al control de la calidad del agua realizado por el abastecedor. Adicionalmente, existen otros elementos que pueden ser considerados de apoyo y que coadyuvan a la implementación de los programas de vigilancia y control. Los elementos en los cuales se concientizará a la población son los siguientes: evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica; inspección sanitaria y operacional; evaluación institucional.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Lugar de investigación

El trabajo profesional supervisado se llevó a cabo en once comunidades de tres municipios de Olancho, los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio área de regulación en la región No.15 ubicada en Juticalpa, Olancho.



Ilustración 1 Localización del proyecto

5.2. Materiales y equipo

Para realizar el trabajo profesional supervisado, se utilizaron los siguientes materiales y equipos. (ver tabla 4)

Tabla 4 *Materiales*

Equipo	Materiales	Cristalería
Balanza analítica	Agitador	Matraz
Espectrofotómetro	Espátulas	Baker
Equipos de protección personal	Etiquetas de identificación	Bureta
Incubadora	Gradillas	Matraz Erlenmeyer

Computadoras	Recipientes de polietileno	Pipeta
Data show	Pizeta	Probetas
	Papel	Tubos de ensayo

5.3. Diseño experimental

El diseño para la distribución de muestras que se realizó tomando como referencia aspectos como; la población total de cada comunidad, la cantidad de fuentes y el número de viviendas. Las organizaciones responsables del proyecto decidieron hacer un diseño con base a 100 muestras microbiológicas y 100 muestras para los parámetros fisicoquímicos en las 11 comunidades solo se hicieron 71 fisicoquímicas y 69 microbiológicas debido a las condiciones climáticas de los municipios en todas las comunidades.

Bajo estas consideraciones el tamaño de muestra se reflejan los datos en la siguiente tabla

Tabla 5 Distribución de las muestras fisicoquímicas (M. FQ) y microbiológicas (M.M) con respecto a cada comunidad.

No.	Municipio	Comunidad	Número de viviendas	Población	Fuentes de agua potable	M.FQ	M.M
1	San Francisco de la Paz	Los Ranchos	14	100	Pozo	7	5
2	San Francisco de la Paz	El Coyolar Tilapa	20	72	Quebrada	5	5
3	San Francisco de la Paz	La Avispa	100	500	Dos fuentes 1. Río 2. Quebrada Filtro Comunitario	10	10
4	San Francisco de la Paz	El Tule	110	600	Río, Pozo comunitario	5	5

5	San Francisco de la Paz	Guacoca	33	122	Riachuelo	5	7
6	San Francisco de la Paz	Dos quebradas	25	90	Quebrada	7	5
7	Mangülile	La Chinga	21	86	Pozo malacate, río	4	4
8	Yocón	La Puerta	80	400	Río	6	6
9	Yocón	San Antonio	104	1092	Río	8	9
10	Yocón	Cañada Galana	96	800	Río	10	9
11	Yocón	Las Mangas	18	98	Río	4	4
71	69						

La investigación se desarrolló en las siguientes etapas:

5.3.1 Etapa 1: Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua

5.3.1.1. Muestreo

Para la toma de muestras en el campo se seleccionaron los puntos de muestreo, así como las comunidades, tomando en cuenta el tiempo y la disponibilidad de recursos. Se realizó un muestreo al azar. Para la toma de muestras se movilizó a las comunidades un día antes, la recolección de las muestras se hizo en recipientes estériles para la toma de muestras y transportándolas adecuadamente a temperaturas de refrigeración. Se recolectaron 750 ml de agua para los análisis fisicoquímicos y 100 ml para los análisis microbiológicos en cada punto de muestreo. Las muestras fueron tomadas en los diferentes municipios como ser; San Francisco de la paz, aquí se tomaron secuencialmente de las pilas de cada vivienda que son abastecidas por los tanques de agua de la comunidad, y fuentes de riego. En las comunidades de Yocón se tomaron en tanques de abastecimiento, boca tomas y pilas. En la comunidad de Mangulile las muestras se tomaron de la bocatoma comunitaria.

5.3.1.2. Procesamiento de las muestras

Las muestras tomadas se trasladaron lo más rápido posible hasta el laboratorio para su respectivo procesamiento y análisis, los primeros análisis que se realizaron al llegar con las muestras al laboratorio son los microbiológicos y luego los fisicoquímicos, Los resultados fueron interpretados con ayuda de la guía de interpretación petrifilm™ y la norma técnica para la calidad del agua potable de Honduras, esto para brindar los resultados y determinar la calidad del agua en estos municipios.

5.3.1.3. Parámetros a evaluar

Parámetros microbiológicos

Los análisis microbiológicos se realizaron por el método de Placas Petrifilm™ que consiste en un medio de cultivo listo para ser empleado, que contiene agentes selectivos, nutrientes, un agente gelificante soluble en agua fría, y un indicador criogénico que facilita la detección de distintas especies. Para esto seguiremos los siguientes pasos:

- Paso 1: Se debe tomar las muestras de la superficie o ambiente utilizando un hisopo Quick Swab 3M™ o equivalente, esponja u otro dispositivo de toma de muestra húmeda.
- Paso 2: Adicionar asépticamente a la muestra 2 ml (hisopo) o 5 ml (esponja) de agua de peptona buferada estéril (caldo de reparación) a 20-30 °C (68 °F-86 °F).
- Paso 3: Mezclar vigorosamente u homogenice la muestra con BPW por cerca de un minuto.
- Paso 4: Colocar la Placa Petrifilm EL en una superficie plana y nivelada. Levante la película superior.

- Paso 5: Con el Pipetor Electrónico 3M™ o una pipeta equivalente, perpendicular a la Placa Petrifilm EL, se debe de colocar 3 ml de la muestra en el centro de la película inferior.
- Paso 6: Incubar las placas caras arriba en grupos de no más de 10 piezas durante 28 h $\pm$ 2 h a 35 °C $\pm$ 1 °C o 37 °C $\pm$ 1 °C.
- Paso 7 La interpretación o el recuento de las Placas Petrifilm puede realizarse con un contador de colonias estándar o una lupa con luz

Parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Descripción	Método
Temperatura	La temperatura del agua se mide en una escala de grados Centígrados o grados Fahrenheit.	Se determinó a través de la medición de la misma con termómetros al momento del muestreo.
Alcalinidad	La alcalinidad o basicidad del agua, es la medida de la capacidad para neutralizar ácidos	Se determinó con un Ph metro portátil.
Amonio	En el agua el amonio produce un elevado consumo de oxígeno	Reactivo amononia nitrógeno Set F10
Cadmio	Se ha establecido que la exposición concentraciones de cadmio de 0.04 mg/L en el agua.	Reactivo cadmio 0.025-0.75mg/l, tubo fotómetro multiparámetro modelo md 600, reactor COD 24 posiciones de 16mm.
Cobre	Las altas concentraciones de cobre pueden darle al agua un sabor metálico	Reactivo cobre 0.05-5mg/l
Cloruro	El cloruro , en forma de ion Cl ⁻ , es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua	Reactivo cloruro 0.5-25mg/L
Calcio	Cuando hay una presencia importante de calcio en el agua , se desarrollan incrustaciones	Reactivo dureza 0-500 mg/l, T1/T2

Dureza	Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua	Reactivo dureza 0-500 mg/l, T1/T2
Hierro	El hierro puede darle al agua un sabor, olor y color indeseable.	Reactivo hierro 0.01-1.5 mg/l
Manganeso	Su concentración en el agua por lo general es inferior a la del fierro. En promedio la concentración encontrada en aguas de pozo es de aproximadamente 0.06 mg / l.v	Reactivo manganeso 0.1-18 mg/l
Nitrito	Los niveles de nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua	Reactivo nitrito 0.01-0.3 mg/l
Potasio	Los niveles de potasio cuando tienen tendencias altas suelen específicamente en los riñones	Reactivo potasio 07-12/L, tabletas

Tabla 6 Información de los análisis fisicoquímicos realizados

5.3.2. Segunda etapa: Determinación los mecanismos de mitigación y prevención para mejorar y mantener la calidad del agua

5.3.2.1. Evaluación periódica de la calidad fisicoquímica y microbiológica

Se realizaron reuniones con las juntas de agua, patronatos y líderes de la comunidad para concientizar sobre la realización de dos a tres análisis de agua para consumo humano y su uso en las actividades agropecuarias haciéndoles saber que el laboratorio de la región No.15 de Juticalpa se encuentra con la capacidad y disponibilidad de hacer estos estudios periódicamente. Esto para asegurar la calidad de agua en los hogares de cada familia y reducir las enfermedades transmitidas por el agua.

5.3.2.2. Inspección de las fuentes de agua

Dentro de las actividades de mitigación y prevención, la inspección de las zonas de abastecimiento de agua es muy necesaria, por lo cual que en las reuniones con los líderes de comunidades, patronatos y juntas de agua se abordó y recomendó a la población que realice una inspección a la semana en la fuente de distribución comunitaria.

Al obtener resultados las cuatro organizaciones responsables Word Renew, Universidad Nacional de Agricultura, Diaconía Nacional y la región sanitaria No.15 se reunirán para analizar los resultados y para diseñar estrategias de mitigación para la contaminación del recurso hídrico, mejorar su calidad y buscar garantizar un consumo seguro para los usuarios, y así impactar en la salud de los hogares de comunidades participantes en el estudio.

5.3.3. Etapa 3 Programa de capacitación

Se convocó a grupos identificados en la comunidad entre los cuales están: mujeres amas de casa, junta de agua, patronatos, jóvenes mayores de 18 años y líderes de hogares con el fin de dar a conocer la importancia del estudio de agua que se está haciendo en su comunidad y abordar temas relacionados como: Conceptos básicos, seguridad alimentaria y su importancia, enfermedades transmitidas por el agua, tipos de contaminación y por último buenas prácticas de higiene en la utilización del agua.

.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa 1: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Análisis fisicoquímicos

Los estudios fisicoquímicos se iniciaron en el mes de Mayo con la visita a las comunidades del municipio de San Francisco de la Paz, las visitas se hicieron este orden: Los Ranchos, El Coyolar, La Avispa, El Tule, Dos Quebradas y Guacoca. Aquí el clima favoreció en su totalidad al estudio ya que (Delgado, fail, Daury, & Jimenez, 2018) nos indica que los análisis para la calidad del agua se deben realizar en tiempos donde no esté presente la lluvia. Los resultados que se obtuvieron para estas comunidades fueron muy satisfactorios. Si analizamos el promedio de las muestras del municipio de San Francisco de la Paz, sus comunidades muestran buenos resultados dentro de los parámetros establecidos por la normativa de agua para consumo humano de Honduras, no vimos ninguna anomalía en ninguna de los 24 parámetros fisicoquímicos evaluados.

Para el municipio de Yocón se visitaron cuatro comunidades (Cañada, San Antonio, La Puerta y Las Mangas) durante el mes de Junio en donde el clima no fue favorable ya que en esas fechas el departamento se vio afectado por condiciones climáticas que pudieron haber alterado los parámetros. Las muestras se tomaron durante las primeras lluvias previstas sin embargo los resultados en promedio estuvieron dentro de los parámetros establecidos en la normativa en su totalidad. **ver anexo 3.**

El tercer y último municipio que se visitó fue Mangulile en donde al inicio del estudio se tenía planificado visitar 4 comunidades de las cuales solo se pudo visitar una debido las condiciones climáticas del departamento, en el mes de Junio, siendo la comunidad de la

Chinga la única comunidad visitada las muestras que se recolectaron y arrojaron resultados dentro de los parámetros permitidos en su mayoría ya que solo dos de los 24 parámetros tuvieron alteraciones significativas entre ellos están la Alcalinidad M y la alcalinidad P **ver anexo 4. .**

La alcalinidad P y alcalinidad M (alcalinidad total) son pruebas importantes en el tratamiento del agua, en el que el valor de pH se encuentra por encima de 8,5. La alcalinidad P es la alcalinidad del agua con un pH de 8,3, utiliza un indicador de base de fenolftaleína e indica la alcalinidad respecto al hidróxido más la mitad de la alcalinidad respecto a los carbonatos. La alcalinidad M es una medida de alcalinidad del agua con un pH de 4,5 y utiliza un indicador de base de naranja de metilo. Indica la alcalinidad total respecto a la combinación de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

La normativa de agua para consumo humano indica que los niveles de alcalinidad deben de estar de 0.01 a 0.8 mg/L para la alcalinidad P y 0.05 a 5 mg/L para la alcalinidad M **ver tabla 7** y Según (Delgado, fail, Daury, & Jimenez, 2018) normalmente, el agua dura es alcalina, mientras que el agua blanda es más ácida. Sin embargo, existen excepciones en circunstancias inusuales.

Tabla 6 Resultados de alcalinidad P y alcalinidad M en el municipio de la Chinga.

Comunidad	Parámetro	Valor permitido	Quebrada/rio	Entrada tanque	Salida de tanque	Pozo	Riego
La Chinga	Alcalinidad M	0.01 a 0.8 mg/L		14mg/L	10 mg/L		8mg/L
	Alcalinidad P	0.05 a 5 mg/L	21 mg/L	236 mg/L	278 mg/L		38 mg/L

La tabla 7 Representa los parámetros que presentaron resultados fuera de los permitidos, en el segundo enunciado se puede ver los parámetros, el tercer enunciado muestra los valores

permitidos y los demás cuadros indican los lugares en donde se tomaron las muestras de este municipio *Los valores permitidos de estos parámetros no se encontraron en la norma técnica de calidad de agua en Honduras, cabe resaltar que se hizo una revisión de literatura para conocerlos.

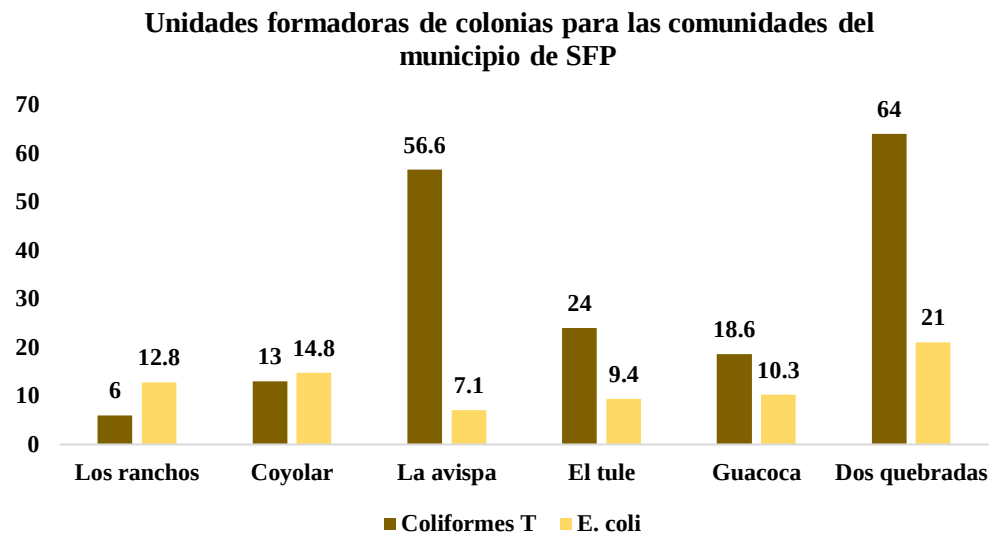
Análisis microbiológicos

Los municipios se visitaron en el siguiente orden; durante el mes de Mayo San Francisco de la Paz, durante el mes de Junio se visitaron las comunidades de Yocón y Mangulile. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las dos variables analizadas *E. coli* y *Coliformes* totales.

Se puede observar que estas comunidades arrojaron datos elevados según la norma de la calidad de agua el agua potable para consumo humano que nos indica que los niveles de UFC tienen que ser menor de 10. Las comunidades del municipio de San Francisco de la Paz en el caso de Los Ranchos si se analiza los *coliformes* totales se puede observar que están por debajo de los establecido en cambio las otras comunidades si presentan niveles elevados de UFC para la variable de *coliformes* totales, la comunidad de Guacoca fue la que presento resultados más elevados 64 UFC, cabe destacar que este dato es alarmante y se recomienda realizar una revisión en los casos de enteritis en la población de esta comunidad ya que si los hay esta puede ser la causa.

Si se analiza la variable de *E. coli* se observa que las comunidades de La Avispa y EL Tule fueron las únicas que presentaron resultados por debajo de los establecido mientras que de las demás comunidades (Guacoca, Dos quebradas, El Coyolar y Los ranchos) presentaron datos elevados para la variable de *E. coli*, si se analiza la comunidad de Dos quebradas se observa que en este caso volvió a presentar el resultados más alto para esta variable 21 UFC **ver gráfico 1 .**

Gráfico 1 UFC promedio para las comunidades del municipio de San Francisco de la Paz



E1 Grafico 1 representa los resultados promedios de las muestras tomadas en cada punto de estas comunidades, los promedios están hechos en base a 37 muestras en las cuales todas arrojaron resultados preocupantes. Se puede observar la comunidad más afectada por contaminación microbiológica es la comunidad de Dos Quebradas, teniendo valores altos para ambas variables.

Las comunidades del municipio de Yocón presentaron los niveles más altos de *coliformes* totales llegando hasta 85 UFC en el caso de Las Mangas. Si analizamos la variable de *E. coli* en estas comunidades vemos datos considerables excepto en la comunidad de Cañada donde los niveles de *E. coli* fueron a 32 UFC siendo así la comunidad con niveles UFC mas altos para esta variable. por muestra tomada, unas de las posibles causas de estos resultados es que por ser de las comunidades más poblada del municipio tiene más riesgo a que las fuentes de agua sean contaminadas por las actividades humanas **ver grafico. 2.**

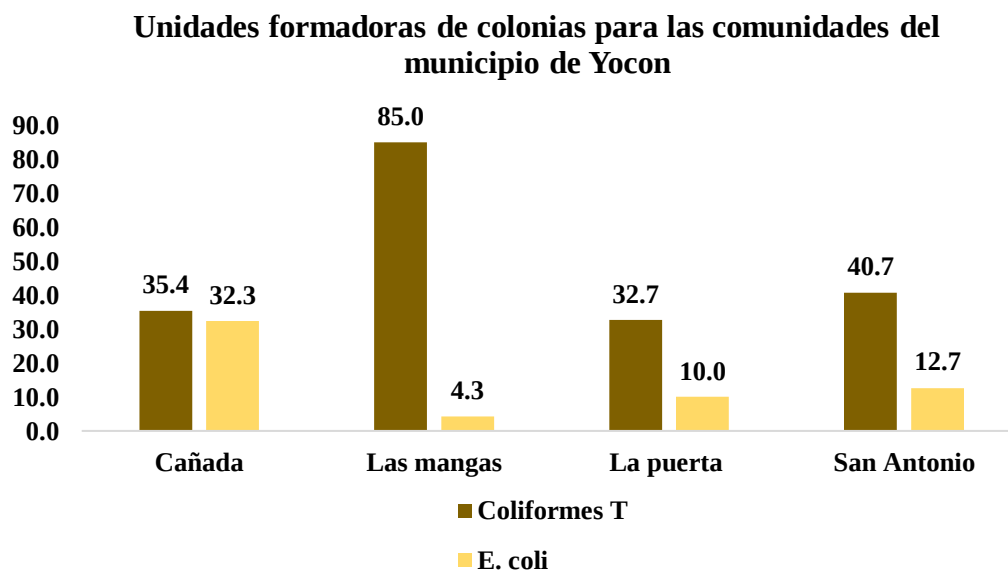
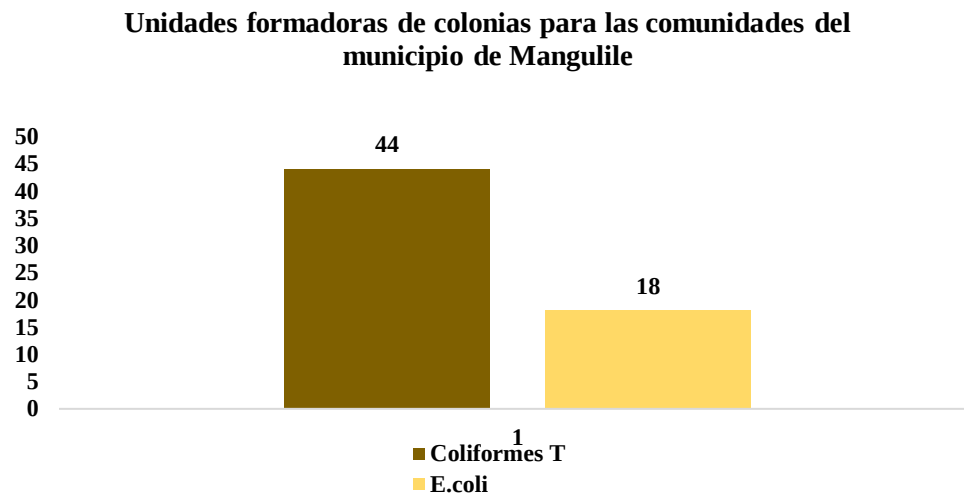


Gráfico 2 UFC promedio para las comunidades del Municipio de Yocon.

El **grafico 2** representa los resultados de 28 muestras divididas en 4 comunidades, cabe destacar que para justificar los hallazgos se promediaron los resultados. Podemos confirmar que en estas comunidades se encontraron elevadas las dos variables estudiadas en excepción a la variable *E. coli* en la comunidad de las mangas encontrando solo 4 UFC promedio por muestra.

En el municipio de Mangulile debido a las condiciones climáticas solo se pudo visitar una comunidad en este caso La Chinga en donde tomaron 4 muestras en promedio estas representaron contaminación para las dos variables tomadas tanto para *E. coli* y *Coliformes* totales en su totalidad **ver fig. 3**. El posible problema en esta comunidad es que hay actividad ganadera cerca de las fuentes de agua.

Gráfico 3 UFC promedio para las comunidades de la Mangulile



El **grafico 3** representa las 4 muestras para cada parámetro que se realizaron, cabe destacar Que los resultados fueron promediados tomando en cuenta los resultados en cada punto de muestra. Los resultados en esta comunidad fueron elevados para las dos variables

Etap 2: Determinación los mecanismos de mitigación y prevención para mejorar y mantener la calidad del agua

En cada visita a las comunidades se juntó a las personas seleccionadas entre ellos líderes de familias, juntas de patronatos y juntas de agua con el fin de involucrar *E. coli* a la comunidad en el establecimiento de estrategias de mitigación. De manera verbal se logró llegar a varios acuerdos que implican actividades como ser: Limpieza y desinfección de tanques de abastecimiento, delimitación de las fuentes de agua, buenas prácticas agrícola, higiene y limpieza en las pilas de sus casas.

Etap 3 Programa de capacitación

Al final de la recolección de las muestras de todos los municipios se seleccionaron tres comunidades para realizar una capacitación de los temas ya antes acordados, las comunidades

que se visitaron fueron el Coyolar, La Chinga y Los Ranchos para un mejor control de asistencia se levantó un listado al inicio de cada capacitación **ver anexo 9.**

VII CONCLUSIONES

Los resultados del estudio mostraron que las propiedades microbiológicas y algunas fisicoquímicas del agua en el área de estudio variaron espacialmente. Se concluyó que los parámetros la alcalinidad P y alcalinidad M del agua de la comunidad de la chinga estaban generalmente por encima de los valores límite también las 11 comunidades presentaron rangos de contaminación microbiológica de hasta 85 UFC en promedio esto debido al impacto de la escorrentía, urbanización y cobertura del suelo (actividades humanas). En el área de estudio los parámetros microbiológicos estaban generalmente por encima de los valores límite y no se recomiendan para usos.

Luego de los resultados, los datos evidencian la necesidad de implementar medidas de mitigación en las cuales involucran proyectos de mejoras comunitarias como ser: plantas de tratamientos de agua potable, capacitaciones sobre algunos métodos de bajo costo para bajar la carga microbiana del agua.

Se puede afirmar que se ha cumplido con los objetivos propuestos de concientizar a las personas gracias a las capacitaciones aseguramos una población más consiente de la importancia de la calidad del agua y los temas propuestos.

VIII. RECOMENDACIONES

Realizar dos veces por año análisis microbiológicos y fisicoquímicos para determinar la calidad del agua de agua en los tres municipios ya que con esto la comunidad contará con una base de datos y permitirá la evaluación de medidas adoptadas.

Realizar limpieza y desinfección especializada a los tanques de abastecimiento una vez al mes.

Se recomienda a la región e instituciones involucradas la gestión de equipo de medición con precisión adecuada para los parámetros de interés.

La comunidad con los resultados en mano debe gestionar intervención por parte de las autoridades para mejorar las fuentes principales de agua, también exigir un proyecto de procesamiento de agua potable para todas las comunidades involucradas en el estudio.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Biadglegne, F; Tessema, B; Kibret, M; Abera, B; Huruy, K; Anagaw, B; Mulu, A. 2009. Physicochemical and bacteriological quality of bottled drinking water in three sites of Amhara Regional State, Ethiopia. *Ethiopian Medical Journal* 47(4):277-284.

Cabrera Molina, E; Hernández Garciadiego, L; Gómez Ruíz, H; Cañizares Macías, M del P. 2003. Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar (en línea). *Revista de la Sociedad Química de México* 47(1):88-92. Consultado 27 abr. 2022. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0583-76932003000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

CEDEX. 2000. Libro Blanco del Agua (completo) | Hispagua (en línea, sitio web). Consultado 26 abr. 2022. Disponible en <https://hispagua.cedex.es/documentacion/documento/66984>.

Chulluncuy, Camacho, NC. 2011. Tratamiento de agua para consumo humano (en línea). *Ingeniería Industrial* 0(029):153. DOI: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>.

Cortés-Lara, M del C. 2003. Importancia de los *coliformes* fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit (en línea). *Revista Biomédica* 14(2):121-123. Consultado 28 abr. 2022. Disponible en <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=21518>.

FAO. 2022. Agua | Tierras y Aguas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the

United Nations (en línea, sitio web). Consultado 26 abr. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/land-water/water/es/>.

FAO, F. 2022. El futuro de la Tendencias alimentación y y desafíos la agricultura (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>.

Galan-Madruga, D; Diaz-Lopez, G; Sánchez, FJ; Aguayo, S; Lucena-Lozano, MA; Fernandez Patier, R. 2018. Metodología para la Toma de Muestra de Microorganismos Altamente Patógenos en las Matrices Ambientales Aire, Agua y Suelo/Sedimento (en línea) (En accepted: 2019-04-02t10:55:02z). DOI: <https://doi.org/10.4321/repisalud.7428>.

Gómez-Gutiérrez, A; Miralles, MJ; Corbella, I; García, S; Navarro, S; Llebaria, X. 2016. La calidad sanitaria del agua de consumo (en línea). Gaceta Sanitaria (Serie La salud pública y las políticas de salud: del conocimiento a la práctica. Informe SESPAS 2016) 30:63-68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.04.012>.

Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación Para El Desarrollo Integral Regional; Julián-Soto, F. 2010. La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias (en línea). Ingeniería, investigación y tecnología 11(2):167-177. DOI: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2010.11n2.014>.

Molina, JM; Brenes, GC. 2010. Estado actual de contaminación con *coliformes* fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa (en línea). Tecnología en Marcha 23(Extra 5):34-40. Consultado 28 abr. 2022. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835746>.

OMS. 2020. Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda (en línea, sitio web). Consultado 26 abr. 2022. Disponible en <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>.

Pérez-López, E. 2016. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica (en línea). *Revista Tecnología en Marcha* 29(3):3. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>.

Pineda, C. 2019. El 70 % de población de Honduras tiene acceso al agua, pero no toda es segura (en línea, sitio web). Consultado 28 abr. 2022. Disponible en <http://www.efe.com/efe/america/sociedad/el-70-de-poblacion-honduras-tiene-acceso-al-agua-pero-no-toda-es-segura/20000013-3931929>.

Rahman, IMM; Barua, S; Barua, R; Mutsuddi, R; Alamgir, M; Islam, F; Begum, ZA; Hasegawa, H. 2017. Quality assessment of the non-carbonated bottled drinking water marketed in Bangladesh and comparison with tap water (en línea). *Food Control* 73:1149-1158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.10.032>.

Rojas, R. 2002. GUÍA PARA LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. :83.

Ruiz, NES; Escobar, YC. 2019. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. :10.

Tebbutt. 2002. FUNDAMENTOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA – Tebbutt , T.H.V. – 9789681833176 – Librería LIMUSA (en línea, sitio web). Consultado 26 abr. 2022. Disponible en <https://libreria-limusa.com/producto/fundamentos-de-control-de-la-calidad-del-agua/>.

Tolba, MK. 1992. Recursos de agua dulce y calidad del agua (en línea). *In Tolba, MK (ed.)*. Dordrecht, Springer Netherlands. p. 45-56 DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-2286-3_5.

Torres-Silva, S; Tapia-Calvopiña, I; Goetschel-Gomez, L; Pazmiño-Salazar, E; Torres-Silva, S; Tapia-Calvopiña, I; Goetschel-Gomez, L; Pazmiño-Salazar, E. 2020. Análisis físico -

químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito (en línea). Enfoque UTE 11(4):57-70. DOI: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v11n4.533>.

Trujillo, AFO; Cajigas, MEM. 2018. Validación de un método para el análisis de color real en agua (en línea). Revista de la Facultad de Ciencias 7(1):143-155. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>.

XII. ANEXOS

Nº	COMUNIDAD	TOMA DE MUESTRA	HORA	FECHA	RCT	E.coli
1	LOS RANCHOS	ENTRA. TANQUE	07:51	3/5/2022	0	0
2		LLAVE	08:00	3/5/2022	4	16
3		LLAVE	08:20	3/5/2022	6	15
4		LLAVE	08:28	3/5/2022	10	15
5		LLAVE	09:00	3/5/2022	10	18
1	COYOLAR	POZO	07:45	5/5/2022	10	20
2		TANQUE	06:52	3/5/2022	10	14
3		SALI. TANQUE	06:52	3/5/2022	30	30
4		LLAVE	07:50	5/5/2022	5	5
5		LLAVE	08:00	5/5/2022	10	5
1	LA AVISPA	TANQUE	07:27	17/5/2022	45	5
2		ENTRA. TANQUE	08:25		150	2
3		SALI. TANQUE	05:16	17/5/2022	15	10
4		SALI. TANQUE	07:40	17/5/2022	76	4
5		LLAVE	06:49	17/5/2022	42	3
6		LLAVE	06:56	17/5/2022	64	15
7		LLAVE	07:05	17/5/2022	48	3
8		LLAVE		17/5/2022	66	12
9		LLAVE	07:20	17/5/2022	20	12
10		LLAVE	06:56	17/5/2022	40	5
1	EL TULE	POZO	06:00	19/5/2022	4	12
2		ENTRA. TANQUE	06:00	19/5/2022	10	10
3		SALI. TANQUE	05:30	19/5/2022	35	5
4		LLAVE	05:45	19/5/2022	41	10
5		LLAVE	05:50	19/5/2022	30	10
1	GUACOCA	TANQUE	6:45 A.M	20/5/2022	20	24
2		FILTRO	6:15 A.M	20/5/2022	5	5
3		ENTRA. FILTRO	6:40 A.M	20/5/2022	5	5
4		LLAVE	7:02 A.M	20/5/2022	36	6
5		LLAVE	7:30 A.M	20/5/2022	42	20
6		LLAVE	7:53 A.M	20/5/2022	12	6
7		FUENTE	8:10 A.M	20/5/2022	10	6
1	DOS QUEBRADAS	POZO	06:56	21/5/2022	20	10
2		ENTRA. TANQUE	07:20	21/5/2022	100	30
3		LLAVE	07:39	21/5/2022	60	15
4		LLAVE	07:57	21/5/2022	50	20
5		LLAVE	08:20	21/5/2022	90	30

Anexo 1 Tabulación de datos microbiológicos de las comunidades de SFP

COMUNIDAD	TOMODEDE	HORA	HECHA	PH	TP	TURBIDIDAD	ALCALINIDAD			ALUMINO	AMONIA	CORRE	CLORURO	CROMO	COD	CAUCO	DUREZAT	FOSFATO	FOSFATOT	HIERRO	HIERROT	MANGENIO	NITRITO	NITRATO	NITROGENOT	POTASIO	SULFATO	SILICIO	CNC
						1.5-11u		5-500 mg/l	5-500 mg/l	0.01-0.3 mg/l	0.01-0.8 mg/l	0.05-5 mg/l	0.05-25 mg/l	0.02-2 mg/l	3-50 mg/l	0-500 mg/l	2-50 mg/l	0.02-1.8 mg	0.02-1.1 mg/l		0.02-1.8 mg/l	0.1-1.8 mg/l	0.01-0.3 mg/l	5-50 mg/l	0.07-12 mg/l	5-500 mg/l	1-50 mg/l	0.02-0.9 mg/l	
LAS MANAGAS	RIO		12/5/2022	7	18.8	10	15	152	<0.01	<0.01	<0.05	12.2	0.5	>150	120	26	0.5	<0.02	0.02	0.33	<0.1	0.06	<1	<5	3.5	0	7	<0.02	
	LAWE		12/5/2022	8.1	17.4	19	12	160	<0.01	<0.01	0.11	<0.5	0.31	92.5	159	27	0.83	<0.02	0.06	0.36	0.2	0.03	<1	<5	0.6	1	8	<0.02	
	LAWE		12/5/2022	7	17	16	16	155	<0.01	<0.01	0.1	8.5	<0.02	92.5	113	25	0.03	<0.02	0.06	0.34	1	0.04	<1	<5	0.6	1	7	<0.02	
	LAWE		12/5/2022	7	17	9	15	150	<0.01	<0.01	<0.05	8.9	0.86	>150	91	26	0.07	<0.02	0.1	0.33	1.4	0.06	<1	<5	2.1	1	7	<0.02	
CAMAÑA	ENTRA TANQUE		10/5/2022	7	24.5	4	<5	133	<0.01	0.09	0.08	5	<0.02	<150	116	45	0.34	<0.02	0	<0.02	<0.1	0.24	<1	<5	<0.7	0	16	<0.02	
	SALI TANQUE		10/5/2022	8.1	24.5	0	<5	135	<0.01	0.1	<0.05	5.4	<0.02	92.5	103	46	0.33	<0.02	0	<0.02	<0.1	0.17	<1	<5	<0.7	0	11	<0.02	
	LAWE		10/5/2022	9.2	23	0	<5	<5	<0.01	0.01	0.06	14.1	<0.02	<150	128	46	0.13	<0.02	0	0.02	0.3	0.011	<1	<5	7.4	0	13	<0.02	
	LAWE		10/5/2022	7	25.4	2	<5	126	<0.01	0.05	0.07	60	<0.02	<3	71	47	0.07	<0.02	0	<0.02	<0.1	0.022	<1	<5	2.3	0	14	<0.02	
	LAWE		10/5/2022	7	24.4	0	<5	120	<0.01	0.19	<0.05	7.4	<0.02	>150	63	47	0.1	<0.02	0.02	0.07	<0.1	0.055	<1	<5	2.9	0	20	<0.02	
	LAWE		10/5/2022	8.2	24.5	3	<5	119	<0.01	0.05	<0.05	6.2	<0.02	>150	87	41	0.13	<0.02	0.05	<0.02	<0.01	0.07	<1	<5	2.6	0	16	<0.02	
	LAWE		10/5/2022	7	24.7	5	<5	117	<0.01	0.09	0.08	6.4	<0.02	>150	82	47	0.9	<0.02	0	0.06	<0.1	0.08	<1	<5	1.9	0	14	<0.02	
	LAWE		10/5/2022	8.2	24.4	5	<5	<5	<0.01	0.1	0.06	9.1	<0.02	<3	99	46	0.33	<0.02	0	<0.02	<0.1	0.06	<1	<5	1.6	0	13	<0.02	
LAWE	LAWE		10/5/2022	8.2	24.2	3	<5	118	<0.01	0.12	0.06	6.3	<0.02	<3	110	45	0.28	<0.02	0	<0.1	0.23	0.23	<1	<5	1.8	0	12	<0.02	
	LAWE		10/5/2022	8.1	24.4	1	<5	125	<0.01	0.06	0.06	7	<0.02	>150	95	47	0.15	<0.02	0	<0.0	<0.1	0.33	<1	<5	1.4	0	16	<0.02	
LA PUERTA	ENTRA TANQUE		15/6/2022	7	24.1	1	8	133	<0.01	0.02	0.18	9.3	<0.02	92.5	109	46	0.03	<0.02	0.01	<0.02	<0.1	0.01	<1	<5	5.2	<5	<1	<0.02	
	SALI TANQUE		15/6/2022	7.4	23.5	0	13	137	0.02	0.02	0.1	5.3	<0.02	>150	134	49	0.07	<0.02	0.05	<0.02	<0.1	0.04	6.4	<5	0.9	8	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	8	22.9	0	13	133	0.04	0.03	0.15	5.3	<0.02	>150	83	34	0.03	<0.02	0.05	<0.02	<0.1	0.023	<1	<5	1.4	6	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	8	29	0	14	135	0.02	0.01	0.12	6.3	<0.02	<3	75	55	0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.1	0.088	6.4	<5	1.4	7	<1	<0.02	
LAWE	LAWE		15/6/2022	8	22.6	1	13	145	0.28	0.03	0.1	6.2	<0.02	<3	96	30	0.02	<0.02	0.03	0.04	<0.1	0.08	<1	<5	1.3	7	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	9.2	22.3	2	15	147	<0.01	0.01	0.14	4.7	<0.02	>150	82	24	0.02	<0.02	0	<0.02	<0.1	0.06	11.9	40	1.7	11	<1	<0.02	
SAN ANTONIO	ENTRA TANQUE		15/6/2022	7.04	14.9	2	175	176	0.3	0	0.11	15.7	0.09	>150	84	34	0.9	<0.02	0.09	0.3	0.4	0.03	15.4	107	1.1	<5	<1	<0.02	
	SALI TANQUE		15/6/2022	7.8	14	0	167	175	<0.01	0	0.12	4.6	0.13	>150	72	33	0.5	<0.02	0.03	0.27	0.3	0.01	6.4	<5	1.1	<5	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	7.7	14	3	165	174	<0.01	0.26	0.12	4.5	0.06	>150	82	29	0.22	<0.02	0.04	0.33	<0.1	0.01	<1	<5	1	<5	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	7.7	14.1	1	163	167	<0.01	0.2	0.17	5.1	0.04	>150	144	31	0.06	<0.02	0.04	0.33	<0.1	0.08	<1	<5	1.3	8	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	7.8	14.1	5	168	172	<0.01	0.26	0.19	4.4	<0.02	<3	108	31	0.32	<0.02	0.02	0.31	<0.1	0.039	<1	107	1.5	<5	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	7.4	14.8	3	170	180	<0.01	0.19	0.09	4.6	0.14	>150	100	32	0.03	<0.02	0.04	0.43	<0.1	0.02	<1	<5	1.1	6	<1	<0.02	
LAWE	LAWE		15/6/2022	7.4	15	4	154	171	<0.01	0.17	0.1	4.8	0.03	>150	91	34	0.02	<0.02	0.04	0.28	0.2	0.039	26.8	<5	1.4	<5	<1	<0.02	
	LAWE		15/6/2022	7.9	14.2	0	171	168	<0.01	0.26	0.27	5	0.11	>150	108	>50	0.06	<0.02	0.18	0.32	<0.1	0.038	<1	<5	1.5	6	<1	<0.02	

Anexo 2 Tabulación de datos fisicoquímicos de las comunidades de Yocón

COMUNIDAD	TOMA DE MUESTRA	HORA	FECHA	RCT	E.COLI
LA CAÑADA	ENTRA. TANQUE	06:00	10/5/2022	20	16
	TANQUE	05:55	10/5/2022	40	16
	LLAVE	04:07	10/5/2022	13	15
	LLAVE	04:32	10/5/2022	13	10
	LLAVE	04:43	10/5/2022	150	135
	LLAVE	04:55	10/5/2022	15	20
	LLAVE	05:07	10/5/2022	50	45
	LLAVE	05:15	10/5/2022	10	5
	LLAVE	05:24	10/5/2022	8	29
LAS MANGAS	LLAVE	04:00	12/5/2022	60	3
	LLAVE	04:40	12/5/2022	120	5
	LLAVE	05:00	12/5/2022	60	3
	LLAVE	05:10	12/5/2022	100	6
LA PUERTA	ENTRA. TANQUE	05:50	15/5/2022	10	5
	SAL. TANQUE	05:53	15/5/2022	10	7
	LLAVE	06:36	15/5/2022	26	10
	LLAVE	06:50	15/5/2022	20	8
	LLAVE	06:59	15/5/2022	100	20
	LLAVE	07:10	15/5/2022	30	10
SAN ANTONIO	ENTRADA TANQUE		16/5/2022	80	6
	SALIDA TANQUE		16/5/2022	5	4
	LLAVE		16/5/2022	15	15
	LLAVE		16/5/2022	20	24
	LLAVE		16/5/2022	40	20
	LLAVE		16/5/2022	30	10
	LLAVE		16/5/2022	100	13
	LLAVE		16/5/2022	66	15
	LLAVE		16/5/2022	10	7

Anexo 3 Tabulación de datos microbiológicos de las comunidades de Yocón

								ALCALINIDAD				ALCALINIDAD								NITROGENO									
Nº	COMUNIDAD	TOMADE	HORA	FECHA	PH	Tº	TURBIDEZ	P	M	ALUMINIO	AMONIA	COBRE	CLORURO	CROMO	COD	CALCIO	DUREZAT	FOSFATO	FOSFATO	HIERRO	HIERROT	MAGNESIO	NITRITO	NITRATO	T	POTASIO	SULFATO	CNC	
					5-50mg/l		1-5 rtu	0.01-0.8 mg/l	0.05-5 mg/l	0.05-25 mg/l	0.02-2 mg/l	0.05-5 mg/l	0-500 mg/l	0.02-2 mg/l	3-150 mg/l	0-500 mg/l	2-50mg/l	0.02-3 mg/l	0.1-3 mg/l	0.01-0.3 mg/l	0.02-1.8 mg/l	0.1-3 mg/l	0.7-12 mg/l	5-150 mg/l	0.07-12 mg/l			1-90mg/l	0.02-0.9 mg/l
1		SAUD. TANQUE		21/4/2022	8	19.4	2	10	278	<0.05	0.09	0.06	13.5	<0.02	147	98	33	0.05	<0.02	0.02	<0.02	<0.1	0.008	3.6	<5	4.4	6	27	0.02
2	LA CHINGA	ENT. TANQUE		21/4/2022	7.6	18.5	0	14	256	<0.05	0.14	0.06	9.5	<0.02	54.1	90	30	0.03	<0.02	0.03	<0.02	<0.1	0.027	6.4	<5	2.1	5	10	0.03
3		REGO		21/4/2022	7.2	19.1	2	8	38	<0.05	0.1	0.05	4.1	<0.02	<3	50	26	0.06	<0.02	0	<0.02	<0.1	0.008	<1	<5	0.7	12	11	0.02
4		QUEBRADA		21/4/2022	7.1	20.2	3	<5	26	<0.05	0.05	0.03	4.8	<0.02	<3	22	25	0.025	<0.02	0	<0.02	<0.1	0.01	<1	<5	1.1	4	7	0.02

Nº	COMUNIDAD	TOMA DE MUESTRA	HORA	FECHA	RCT	E.COLI
1	LA CHINGA	ACUEDUCTO		21/4/2022	6	3
2		GRIFO		21/4/2022	0	0
3		ENTRA. TANQUE		21/5/2022	28	10
4		SALID. TANQUE		21/4/2022	10	5

Anexo 5 Tabulación de datos microbiológicos de las comunidades de Mangulile

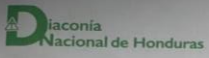
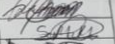
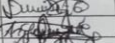
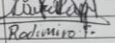
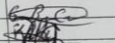
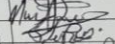
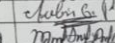
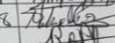
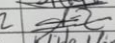
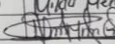
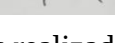
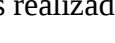


Anexo 6 Charla en la comunidad del Coyolar, SFP

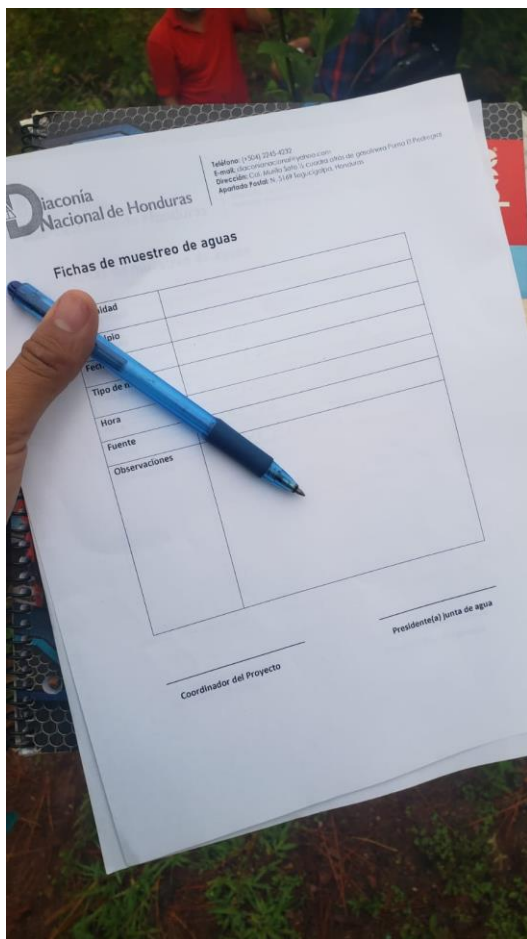


Anexo 8 Análisis de las muestras en el laboratorio

Anexo 7 Plantilla para la tabulación de datos después de analizarlos en el laboratorio

 ASOCIACION DIACONIA NACIONAL DE HONDURAS LISTA DE PARTICIPANTES ASAMBLEA GENERAL LUGAR: FECHAS:					
Nº	NOMBRE	IDENTIDAD	IGLESIA/COMUNIDAD	TELEFONO	FIRMA
1	Reymon J. Morales Arce	1514-1982-00150	ICR La Reforma	9791-2390	
2	Shiner Miguel Hernandez	1514-1992-00026	ICR Mangulile	9851-3654	
3	Denis Alberto Cantillano	1514-1977-00159	ICR Mangulile	8213-9142	
4	Angel David Flores	1514-1967-00090	ICR Mangulile	6535-9978	
5	Laura Raquel Villalobos	1514-1947-00760	ICR Mangulile	9960-6771	
6	Rodriguez Funes	1514-1983-00108	ICR Mangulile	9919-2722	
7	Georgina Cantillano	1514-1977-00149	ICR Mangulile	9699-0551	
8	Keyla Paola Micaela	1514-1995-00442	ICR Mangulile	3220-5399	
9	Alfredo Suarez	1514-1979-00074	ICR Mangulile	1548-3489	
10	Silvia Susana Ruiz	1521-1967-00092	ICR Mangulile	9729-6989	
11	Julian Eusebio Pacheco	1514-1973-00146	ICR Mangulile	9539-4050	
12	Marta Ixeth Pacheco	1514-1987-00155	ICR Mangulile	3217-7789	
13	Telma del Carmen Cruz	1514-1985-00096	ICR Mangulile	3254-9488	
14	Rafael Antonio Pacheco V.	1514-1960-00073	ICR Mangulile	9777-5732	
15	Adonis Rafael Romero	1515-1974-00196	ICR Mangulile	9885-5792	
16	Milda Edith Mendez	1514-1980-00050	ICR Mangulile	9736-6769	
17	Claudia Maria Grijalva	1522-1985-00393	ICR Mangulile	9808-1578	

Anexo 9 lista de asistencia de las capacitaciones realizadas



Anexo 12 Ficha utilizada para la toma de muestra in situ



Anexo 11 Charla sobre algunas estrategias de mitigación



Anexo 10 Preparación del equipo de apoyo en la comunidad de La Avispa, SFP



Anexo 13 Contaminación en llaves



Ilustración 2 Pozo de la comunidad del Tule



Anexo 14 Charlas de estrategias de mitigación, municipio de Manguile