



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE LA SALUD  
“LUIS FELIPE MONCADA”  
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO  
CARRERA DE MICROBIOLOGÍA**

**Trabajo monográfico para optar al título de licenciado en Microbiología:**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE AGUA DE CONSUMO  
ALMACENADA, DE LOS POBLADORES DEL SECTOR LOS MARENCOS,  
COMUNIDAD MARVIN CORRALES, MUNICIPIO DE SAN MARCOS, CARAZO  
NOVIEMBRE 2021.**

**AUTORES:**

**Br. Molina Morales, José Isaac**

**Br. Rivas Navarrete, Wendy Lisbeth**

**Br. Velásquez Morales, Stefanie Tatiana**

**TUTORA:**

**Msc. Jackeline Martínez**

**Master en Biotecnología**

**Licenciada en Bioanálisis clínico**

**ASESORA METODOLOGICA:**

**Ing. Magaly Jiménez**

**Ingeniera en alimentos**

**Managua, Febrero 2022**



## **OPINIÓN DEL TUTOR**

Este estudio sobre el análisis bacteriológico del agua de consumo en la población estudiada ofrece información sobre la calidad del agua potable que consumen los habitantes de dicha población demostrando la importancia de la vigilancia epidemiológica en esta área

Los resultados de este estudio demuestran que el agua almacenada sufre deterioro en su integridad ya sea por contaminación ambiental, fecal o por deficiencia en las condiciones higiénicas sanitarias, que la hacen no apta para el consumo humano representando un problema de salud pública.

Mi reconocimiento para los autores de este estudio y a pesar de las limitaciones propias de nuestro medio, lograron culminar a feliz término.

---

**MSc. Jackeline Martínez Gonzáles**  
**Docente del departamento de Análisis Clínico**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por habernos permitido culminar con éxito y habernos brindado en todo el camino la inteligencia, sabiduría, perseverancia y paciencia necesaria para poder salir adelante.

### **A NUESTRA TUTORA:**

Msc. Jackeline Martínez, por la ayuda incondicional, la paciencia, el tiempo brindado, por guiarnos durante todo este proceso y por compartirnos sus conocimientos científicos adquiridos.

### **A NUESTRA ASESORA METODOLOGICA**

Ing. Magaly Jiménez, por abrirnos sin dudar las puertas al laboratorio de agua y alimentos del CNDR, por regalarnos su tiempo y supervisar nuestros procesos y asesorarnos en todo lo necesario durante este proceso.

### **AL CENTRO NACIONAL DE DIAGNÓSTICO Y REFERENCIA (CNRD)**

Por haber facilitado los equipos y materiales para la realización de este estudio.

### **A LA UNAN-MANAGUA**

Por ser nuestro centro de estudio universitario.

### **PERSONAL DEL LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS**

Al Lic. Thomas Cuadra por estar al pendiente de los 3 durante el procesamiento de las muestras y por la disponibilidad ante cualquier duda que se presentara.

A todos los licenciados que de uno u otra manera fueron de ayuda durante este proceso.

## **DEDICATORIA**

Primeramente, **a Dios** por haberme permitido llegar hasta acá a pesar de las dificultades de la vida, por haberme dado la salud, tiempo, sabiduría, inteligencia y paciencia necesaria para poder culminar con éxito esta carrera.

**A mi familia:** mis padres Freddy Molina C. y Adriana Morales G., mi abuela Ángelita Gallegos H. y a todos mis hermanos, por ese apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera, por sus valiosos consejos, palabras de aliento, felicitaciones y correcciones.

A todos los **maestros** que siempre me apoyaron de una u otra manera a lo largo de esta carrera.

**José Isaac Molina Morales**

## **DEDICATORIA**

Primeramente, **A DIOS** por brindarme vida y salud, por ser mi guía y mi consuelo en los tiempos difíciles durante la carrera universitaria, por la sabiduría, la paciencia, la perseverancia y energía que a diario me daba, porque solo él sabe lo mucho que me ha costado llegar hasta este punto de la vida.

**A mis padres** Jairo Rivas y Meyling Navarrete porque desde pequeña me inculcaron el deseo de superación, por los consejos y valores brindados, por haberme guiado por un buen camino y por qué mis logros son los logros de ellos.

**A mi esposo** Ricardo Pérez por su enorme paciencia en los momentos difíciles y apoyo incondicional durante mis estudios universitarios.

**Wendy Lisbeth Rivas Navarrete.**

## **DEDICATORIA**

Primeramente, **a Dios** por haberme dado la vida, acompañarme en cada paso dado a lo largo de mi carrera, brindarme salud, sabiduría, fortaleza, presentarme las oportunidades necesarias para seguir adelante día a día, poder alcanzar mis objetivos y llegar hasta este momento tan importante de mi formación.

**A mis padres** Daniel Velásquez y Ángela Morales, por sus consejos, su dedicación y su amor, por ser los pilares en mi vida, fomentar en mí el deseo de superación y motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos, gracias por su apoyo incondicional y este triunfo que he alcanzado también es de ustedes.

**Stefanie Tatiana Velásquez Morales.**

## Resumen

El agua potable es un recurso indispensable debido que influye directamente en la salud, consumir agua no potable o con deficiencias higiénico-sanitarias puede ocasionar transmisión de enfermedades.

En el sector Marvin Corrales de San Marcos, Carazo se ubica el barrio Los Marencos; este barrio cuenta con un pozo perteneciente a la empresa ENACAL, pero no cuenta con un sistema de tuberías que facilite el abastecimiento a cada vivienda; por esta circunstancia los pobladores viajan hasta el pozo para obtener el agua y deben almacenarla durante días.

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal, con el objetivo de evaluar la calidad bacteriológica del agua de consumo almacenada de la población en estudio mediante el método de NMP.

La muestra estuvo comprendida por 40 muestras de agua (correspondiente al 58% del universo) procedentes de 40 viviendas y 2 muestras extraídas del pozo utilizadas como control. Obteniéndose los siguientes resultados: El 75 % de las muestras tenían un pH 7.0 considerado óptimo, el 17.5% tenían pH 6.0 considerado fuera del rango aceptable y 7.5 % restante un pH 8.0 considerado aceptable. El 97.5 % de las muestras analizadas tenían presencia de coliformes totales debido a factores ambientales y condiciones higiénico sanitarias deficientes. Así mismo, un 95% de las muestras estaban positivas para el indicador coliformes fecales y en relación a la presencia de *Escherichia coli* se obtuvo que un 65 % tenían presencia.

Se logró evaluar la calidad bacteriológica del agua en estudio evidenciando que existe contaminación de esta, ligada a las condiciones de acarreo y almacenamiento, en donde intervienen hábitos higiénico sanitarios inadecuados que pueden favorecen la transmisión de enfermedades por patógenos intestinales. Por tanto, nuestras recomendaciones principales son para ENACAL y Ministerio de Salud, brindarle a la comunidad capacitación sobre cloración del agua, así mismo gestionar proyecto para implementar el sistema de tuberías para agua potable a cada vivienda.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	3
III.	JUSTIFICACIÓN	8
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
V.	OBJETIVOS	10
	Objetivo General:	10
	Objetivos específicos	10
VI.	MARCO TEÓRICO	11
	6.1 Generalidades del agua	11
	6.2 Tipos de contaminantes del agua.	11
	6.2.1 Contaminantes de origen biológico	12
	6.2.2 Contaminantes químicos	12
	6.2.3 Contaminantes orgánicos	13
	6.3 Indicadores de contaminación del agua	13
	6.3.1 Coliformes totales:	13
	6.3.2 Coliformes termotolerantes:	14
	6.3.3 <i>Escherichia coli</i> :	14
	6.4 Enfermedades transmitidas por el agua	15
	6.5 Tratamiento del agua	16
	6.5.1 Purificación de agua por sedimentación	16
	6.5.2 Purificación de agua por Filtración	16
	6.5.3 Purificación de agua por Desinfección	16
	6.5.4 Yodación	17

6.5.5 Purificación de agua por Cloración	17
6.5.6 Purificación de agua por Ozono	17
6.5.7 Purificación de agua por rayos ultravioleta	18
6.6 Marco para la seguridad del agua de consumo humano	18
6.6.1 Aspectos microbiológicos	19
6.6.2 Desinfección	19
6.6.3 Aspectos químicos	20
6.6.4 Aspectos radiológicos	20
6.6.5 Aspectos relativos a la aceptabilidad: sabor, olor y apariencia	21
6.7 Métodos para la determinación bacteriológica	21
6.7.1 Método de número más probable	21
6.8 Norma 066: Manual para la vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo Humano	23
6.8.1 Parametros físicos-químicos según la norma CAPRE	25
6.8.2 Parámetros bacteriológicos según la norma CAPRE	25
VII. DISEÑO METODOLÓGICO	27
VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	34
IX. CONCLUSIONES	40
X. RECOMENDACIONES	41
XI. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	42
XII. BIBLIOGRAFÍA	43
XIII. ANEXOS	46

## I. INTRODUCCIÓN

El agua destinada al consumo humano puede ser definida como: todas aquellas aguas, ya sea en su estado original o después del tratamiento, que son utilizadas para las actividades domésticas, de la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos destinados al consumo humano e inclusive aguas suministradas para consumo humano como parte de actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado. (OMS 2018)

El agua para consumo humano debe ser potable; es una necesidad y derecho de las personas, para una calidad de vida y salud digna, siendo el vehículo idóneo donde se desarrollan las complejas reacciones bioquímicas del ser humano.

La calidad de las reservas de agua dulce del mundo está cada vez más amenazada por la contaminación. Si bien el agua tiene contaminantes naturales, se contamina cada vez más a causa de las actividades de los seres humanos, como la defecación al aire libre, el manejo inadecuado de las aguas residuales, el vertido de desechos, las malas prácticas agrícolas y los derrames de sustancias químicas en zonas industriales. La gestión inadecuada de estas aguas conlleva que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada o polucionada químicamente.

Se calcula que en el mundo aproximadamente 842 000 personas mueren cada año de diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos. Sin embargo, la diarrea es ampliamente prevenible y la muerte de unos 361 000 niños menores de cinco años se podría prevenir cada año si se abordaran estos factores de riesgo. En los lugares donde el agua no es fácilmente accesible, las personas pueden considerar que lavarse las manos no es una prioridad, lo que aumenta la probabilidad de propagación de la diarrea y otras enfermedades. (OMS, 2019)

El presente trabajo monográfico, pretende **evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo almacenada de los pobladores del barrio Los Marencos, comunidad Marvin Corrales, municipio de San Marcos, Carazo en el periodo noviembre 2021**. Esta comunidad se encuentra ubicado en el km 35 entrada las flores, el barrio cuenta con un aproximado de 72 viviendas.

El abastecimiento de agua potable constituye un peldaño importante en el desarrollo de las regiones o países y de las poblaciones que habitan en los mismos. Un sistema de agua potable correctamente diseñado trae consecuencias positivas en la calidad de vida de las personas que tienen acceso a este servicio, en especial en el área de la salud. Este sistema de agua potable debe contar con todos los elementos necesarios para captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir de una manera eficiente el agua hasta los distintos sectores en la que ésta va a ser servida.

## II. ANTECEDENTES

Haciendo uso del CEDOC del POLISAL de la UNAN-Managua y buscadores académicos en línea, se han encontrado estudios internacionales y nacionales relacionados con el tema, tales como:

El estudio realizado por Moreno, M., & Bareño, I. (2016). Titulado “Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del Casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima-Colombia”, los resultados obtenidos reflejan que los parámetros de calcio, cloro residual, coliformes totales, dureza total, *Escherichia coli* y turbiedad se encuentran por encima de los valores máximos permitidos; esto se presentó debido a que cuentan con malas instalaciones o condiciones precarias de almacenamiento y falta de mantenimiento a los mismos, el nivel de riesgo de la muestra de agua almacenada en el tanque de reserva es de 72% representando un nivel alto, lo cual hace que el agua no sea apta para consumo humano.

Tarqui, C., Álvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernández, I., & Espinoza, P. (2016), realizaron un estudio de tipo transversal titulado “Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú”, siendo un muestreo probabilístico, estratificado multietápico, en el cual se incluyeron 706 viviendas con el fin de evaluar la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, en este se obtuvieron como resultados del total de muestras evaluadas, 78,6 % tuvieron coliformes totales en Cajamarca, 65,5 % en Huancavelica y 64,1 % en Huánuco, El 72,0 % tuvieron *Escherichia coli* en Cajamarca, 37,4 % en Huancavelica y 17,5 % Huánuco. En Cajamarca, el 8,6 % de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue 4,3% y en Huánuco, 7,2 %.

Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017), en su estudio titulado “Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano”, cuyo objetivo principal fue describir los principales indicadores microbiológicos empleados para la evaluación del agua potable, como elementos clave para proponer un nuevo esquema de monitoreo en Colombia, sus resultados permitieron considerar como bioindicadores,

además de las bacterias y protozoos establecidos en la norma, algunos agentes microbianos como virus u otras bacterias y parásitos, además, indicaron la necesidad de establecer valores de referencia y definir los microorganismos a emplear con base en evaluaciones específicas de la situación microbiana del agua en monitoreos de validación, operación y verificación.

Fernández (2018) en su estudio titulado “Análisis microbiológico del agua potable del reservorio de Umuto El Tambo 2018, Perú”, cuyo objetivo principal fue evaluar la contaminación microbiológica del agua del Reservorio entre noviembre y diciembre del año 2018. Fue un estudio de tipo básico, prospectivo, transversal y de nivel descriptivo, que aplicó un diseño no experimental (descriptivo transversal) en el que se colectaron aleatoriamente 18 muestras de agua almacenada y 18 procedente de domicilios, a razón de una por semana durante seis semanas, cada una conformada por 3 sub-muestras las cuales fueron sometidas a recuento de bacterias heterotróficas, de *Escherichia coli*, coliformes total y fecal. Finalizada la investigación se demostró que hubo mayor contaminación por bacterias heterotróficas en el agua, así como coliformes totales. No se detectó presencia de *E. coli* fecal en ninguna muestra. Tras la comparación con los criterios del Reglamento de la Calidad del agua para consumo humano (DS N°031-2010-SA) se determinó que ninguna de las muestras analizadas cumplía con los límites permisibles, siendo por tanto no aptas para consumo humano.

Mejía, L., & Zelada, M. (2019), en su estudio titulado “Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado Pachapiriana, distrito de Chontalí-Perú, en octubre de 2019”, consideraron para el estudio 40 viviendas y 4 pozos de abastecimiento de agua; cuyo objetivo fue determinar el nivel de contaminación microbiológica del agua de consumo humano, los resultados obtenidos fueron  $> 6.8/100$  ml (elevado para coliformes totales), para coliformes fecales dio como resultado  $> 4/100$  ml y para *Escherichia coli*; se obtuvieron tres muestras con el valor indicado del D.S. N° 031-2010 que es  $< 1,8/100$  ml, las 37 muestras restantes tienen presencia de *Escherichia coli* por que el resultado fue  $> 2/100$  ml.

La investigación realizada por Elías, J., Avalos, C., & Medrano, J. (2019), de tipo prospectivo, estadístico, interpretativo y experimental con corte longitudinal, titulada

“Calidad bacteriológica del agua para consumo humano y enfermedad diarreica aguda en el Distrito de Rázuri. Provincia de Ascope. La Libertad – Perú”. Las muestras de agua fueron colectadas de 14 localidades en 3 puntos de muestreo: pozo, reservorio y red pública; determinándose que el 50% (7/14) de las localidades cuentan con agua apta para el consumo humano y por tanto el otro 50% (7/14) localidades no poseen agua apta para consumo humano.

Los estudios realizados en Nicaragua podemos citar el de García y López (2006) titulado “Manejo del agua potable y aguas grises en el barrio El Rodeo, Managua”, considerando una muestra del 25% de los hogares del barrio, con el objetivo de conocer el uso y manejo del agua potable y las aguas grises en el barrio, se hicieron mediciones de parámetros fisicoquímicos como el pH, nitratos y conductividad eléctrica y microbiológicos para la detección de coliformes totales y fecales en agua de grifos y almacenada en diferentes recipientes. Durante dos meses se monitorearon estos parámetros dando como resultados que las aguas muestreadas de los grifos no presentaron contaminación por coliformes, y los parámetros físico-químicos se encuentran en los rangos permisibles. El pH de las aguas almacenadas se encontraba entre los valores de 8.0, 8.1 y 8.2, por lo tanto, todos los datos se encontraban dentro de los rangos establecidos por la norma CAPRE, los autores señalan que es importante la medición de pH y otros parámetros fisicoquímicos para que no afecten los métodos de tratamientos, también se encontró contaminación por coliformes fecales. También encontraron que los factores de riesgo de la contaminación del agua almacenada para consumo se encuentran la falta de acceso directo a la red de distribución del agua potable, la poca conciencia del riesgo de contaminación del agua al manipularla de manera inadecuada, la falta de medidas higiénicas en el manejo de los recipientes donde se almacena el agua.

Barrera, Y., & Aguirre, C. (2011), en su investigación titulada “Calidad del agua de pozos y aguas superficiales en la micro cuenca Las Jaguas, municipio de Ciudad Antigua”. Los valores de pH obtenidos de las muestras colectadas se encontraban en el rango considerado normal para aguas naturales (6.5 a 8.5), se realizó el test para examinar la presencia de cloro total y cloro residual a todos los pozos; sin embargo, en ningún caso se encontró residuos de cloro, en los resultados del laboratorio no se detectó la presencia de coliformes

totales y fecales en el agua en los monitoreo de campo realizados en mayo y septiembre; por tanto, según este parámetro, sus propiedades son excelentes para consumo humano, riego y recreación; asimismo, el agua no presentan restricciones para el desarrollo de la vida biológica y la naturaleza química de la misma. En cambio, los realizados en octubre y noviembre detectaron la presencia de coliformes, esto debido a las intensas lluvias provocan escurrimientos superficiales que arrastran sedimentos contaminados, los cuales pueden filtrarse hasta llegar a los pozos.

La investigación realizada por Camacho, B., López, J., & Martínez, N. (2014) es de carácter descriptivo de corte transversal, titulado “Calidad bacteriológica del agua potable del municipio El Crucero departamento de Managua, realizado en el período de julio - diciembre 2014”, en el cual se tomaron 30 muestras que corresponde al 2.5% del universo, se menciona que el 17% de las muestras procesadas presentaron contaminación de coliformes totales, 7% coliformes termotolerantes y 3 % *Escherichia coli*, en la cual se determinó que los principales factores que influyen en la contaminación del agua potable son el deficiente tratamiento aplicado en la red de distribución y el 83 % de los barrios del Crucero no tiene servicio de agua frecuentemente.

Celiz, J., & Soto, B. (2016) en su estudio de tipo experimental titulado “Evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN - León (Campus Médico), marzo – octubre 2016”, en el cual se analizaron 16 diferentes muestras que se ubican en diferentes puntos de la Facultad de Ciencias Químicas, en el análisis presuntivo de estas por NMP se encontró que las muestra no presentaron coliformes fecales y totales, por lo tanto al dar negativa dicha prueba no fue necesario la realización de la pruebas confirmativas y complementarias. Por lo cual se considera que estas aguas son aptas para el consumo, de acuerdo al reglamento de la calidad del agua para el consumo humano NTON 09 003-99 y las Norma Regional CAPRE, para Agua Potable.

El estudio realizado por Fonseca, N., García, M., & Obando, N. (2020), de tipo descriptivo, de corte transversal titulada “Calidad bacteriológica del agua de consumo humano en el municipio de Catarina, departamento de Masaya durante el periodo de diciembre 2018 – enero 2019”, analizaron 52 muestras de las cuales el 100% de ellas presentaban

concentraciones de cloro residual de 0.0 mg/L al realizar la prueba DPD-1, el 88% de las muestras presentaron contaminación de coliformes totales, el 59% de las muestras presentaron contaminación de coliformes fecales, el 21% de muestras contaminadas con *Escherichia coli* y en un 83% de muestras obtuvieron presencia de bacterias productoras de sulfuro de hidrógeno, según la norma CAPRE se obtuvo que el agua que consumen los habitantes del barrio Carlos Fonseca Amador no es apta debido a la presencia de *Escherichia coli* y ésta no cumple con los rangos establecidos por este comité, también señalan que es fundamental mantener pequeñas concentraciones de cloro residual desde los potabilizadores hasta los tanques de agua de los consumidores, para asegurar que el agua ha sido convenientemente tratada.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

El agua es esencial en la salud del ser humano, ocupando dos tercios de nuestro peso corporal; es por ello que consumir agua potable o “apta para el consumo humano” es fundamental para que todos los procesos fisiológicos se lleven a cabo sin perjudicar al individuo.

El consumo de agua almacenada de manera deficiente puede generar propagación de enfermedades causadas por la contaminación de esta por bacterias u otros microorganismos.

Por lo dicho anteriormente, es importante realizar estudios de análisis microbiológicos de aguas de consumo que son almacenadas, en poblaciones como las del barrio Los Marencos, comunidad Marvin Corrales, municipio de San Marcos, Carazo, debido a que el abastecimiento del agua en esta comunidad es insuficiente, ya que no es continuo y las personas deben almacenar este vital líquido hasta 14 días. Por tanto, este estudio beneficiará directamente a los pobladores de esta zona debido a que se les dará a conocer si el agua que consumen está siendo contaminada durante su almacenamiento, ya sea de origen humano o ambiental de esta manera tomar las medidas necesarias para evitar dicha contaminación, por ende, la aparición de enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada.

Asimismo, esta monografía servirá como antecedente para futuras investigaciones con un enfoque similar que permitirá la comparación de los resultados de una manera más precisa, brindando así más documentos a los que se puedan referir los futuros licenciados de la carrera de Microbiología al momento de realizar su trabajo monográfico.

#### **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La razón por la que se pretende evaluar la calidad bacteriológica del agua de consumo almacenada de la población del barrio Los Marencos, comunidad Marvin Corrales, municipio de San Marcos es debido a que, si bien es cierto, este barrio cuenta con un pozo perteneciente a la empresa ENACAL y el mismo les proporciona agua potable, este servicio no es del todo completo y satisfactorio.

El pozo que suministra agua al barrio en cuestión no cuenta con un sistema de cloración activo desde hace años. Por otro lado, no se cuenta con un sistema de tuberías que faciliten el abastecimiento a cada vivienda y por esta circunstancia los pobladores deben viajar hasta el sitio donde está ubicado el pozo y recolectan el agua en baldes, pichingas o barriles para verterla en piletas almacenándola entre 2 hasta más de 10 días, y esto aumenta considerablemente el riesgo de contaminación.

Todo ello sin mencionar que, en determinadas ocasiones, el suministro de agua proveniente del pozo de ENACAL falla por días y a veces semanas, por lo que se tiene que recurrir a solicitar una pipa de agua de algún pueblo vecino y esto favorece el riesgo de contaminación de la misma; muchos pobladores usan el agua tanto como para preparar alimentos, beber, bañarse, lavar ropa y trastos.

Las condiciones descritas anteriormente muestran factores suficientes para que se considere la posibilidad de que en este lugar exista una contaminación en el agua, no necesariamente porque el agua suministrada en el pozo no sea potable sino debido a las condiciones existentes y por ende se ha tomado en cuenta para realizar el tema monográfico.

## V. OBJETIVOS

### **Objetivo General:**

Evaluar la calidad bacteriológica del agua de consumo almacenada de la población del sector Los Marencos, comunidad Marvin Corrales, municipio de San Marcos, Carazo, noviembre 2021.

### **Objetivos específicos:**

1. Medir el pH del agua en estudio mediante el uso de cintas de papel indicador universal Guangfan.
2. Aplicar la técnica de número más probable (NMP) para la determinación de la contaminación del agua en estudio por bacterias coliformes y *Escherichia coli*.
3. Identificar los factores asociados a la contaminación del agua de consumo almacenada de dicha población.

## **VI. MARCO TEÓRICO**

### **6.1 Generalidades del agua**

El agua es un líquido que en estado puro no tiene olor, color ni sabor, se compone de tres átomos: dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno que unidos entre sí forman una molécula de agua. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, lluvias, ríos, lagos, mares, océanos y glaciares, como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. (Camacho, López & Martínez, 2014)

Forma parte de todos los procesos naturales de la tierra, por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida, debido a que cada organismo depende de esta, por lo que todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). El agua potable, es aquella que no contienen sustancias ni microorganismo que pueden amenazar nuestra salud, en el hombre, es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo, además de ser su componente más abundante por lo que debe ingerirse regularmente.

Frecuentemente actúa como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos, la materia fecal puede accidentalmente alcanzar una fuente de abastecimiento. La presencia de microorganismos patógenos en el agua de consumo es un riesgo que se incrementa en áreas marginales de mayor densidad poblacional o en zonas sin disponibilidad de agua potable, debido a esto, se ha vuelto un problema de importancia pública en cada región local e internacional garantizar la seguridad del agua no contaminada ya que llega a ser causante de enfermedades hídricas para el humano. (González & Toruño, 2017)

### **6.2 Tipos de contaminantes del agua.**

El agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud pública, ya sea que se utilice para beber, para uso doméstico, para producir alimentos o para fines recreativos. La gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas conlleva que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada o

polucionada químicamente. La diarrea es la enfermedad más conocida que guarda relación con el consumo de alimentos o agua contaminados.

La gran mayoría de los problemas de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación por microorganismos (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). No obstante, existe un número considerable de problemas graves de salud que pueden producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo. (OMS, 2019)

### **6.2.1 Contaminantes de origen biológico**

Hay diversos organismos que pueden no tener relevancia para la salud pública, pero que no son deseables porque producen sabor y olor. Además de afectar a la aceptabilidad del agua, indican que su tratamiento o el estado de mantenimiento y reparación del sistema de distribución, o ambos, son insuficientes.

La presencia o aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua surge usualmente por efecto directo o indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población tales como urbanización no controlada, crecimiento industrial, pobreza, ocupación de regiones antes deshabitadas, y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales. Los cambios relacionados con las actividades antropogénicas se ven reflejados directamente en el entorno y, por consiguiente, en el recurso hídrico. Las principales actividades que favorecen la contaminación de aguas son las agropecuarias como movilización de animales, cultivos, abonos orgánicos mal procesados y disposición inadecuada de aguas residuales que afectan la calidad microbiológica de las fuentes de agua. (S. Ríos; R. Agudelo & L. Gutiérrez, 2017)

### **6.2.2 Contaminantes químicos**

Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo, representan el grupo de contaminantes más importante debido a su gran número y a la omnipresencia en todos los campos laborales y en el medio ambiente.

### **6.2.3 Contaminantes orgánicos**

Su origen son los residuos producidos por las actividades del ser humano, como el ganado o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos fomentan el crecimiento de bacterias aeróbicas que consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática. (Valdivielso, 2021)

## **6.3 Indicadores de contaminación del agua**

### **6.3.1 Coliformes totales:**

Las bacterias coliformes incluyen un gran grupo de bacterias que se encuentran en todo el medio ambiente. Son comunes en el suelo y el agua superficial. También se pueden encontrar grandes cantidades de ciertos tipos de bacterias coliformes en los desechos de humanos y animales. La mayoría de los tipos de bacterias coliformes son inofensivas para los humanos, pero algunas pueden causar enfermedades leves y algunas, transmitidas por el agua, pueden provocar enfermedades graves. (Swistock, 2020)

Las bacterias coliformes a menudo se denominan "organismos indicadores" porque indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua. La presencia de coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una enfermedad. Más bien, su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua. (Ídem)

La presencia de coliformes totales en sistema de distribución y reserva de agua almacenada puede revelar una proliferación y posible formación de biopelícula, o bien contaminación para la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas. (Camacho, López & Martínez, 2014)

Las bacterias coliformes no deberían ser detectadas en sistemas de tratamiento de abastecimiento de agua y, si así ocurriese, ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o que hubo una recontaminación posterior a este. En este sentido la prueba de

coliformes se usa como indicador de la eficiencia del tratamiento. El uso de la prueba de coliformes sigue siendo esencial para vigilar la calidad microbiana del agua en los sistemas de abastecimiento público. (Ídem)

### **6.3.2 Coliformes termotolerantes:**

Las bacterias coliformes termotolerantes o fecales son específicas del tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos, y por lo tanto se requiere una prueba más específica para detectar la contaminación por aguas residuales o desechos animales. (Swistock, 2020)

Entre los indicadores más usados se encuentran los coliformes, representados habitualmente por cuatro géneros de la familia *Enterobacteriaceae*: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* y *Klebsiella*. Se trata de un grupo de bacterias gramnegativas, aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, fermentadoras de la lactosa lo que los diferencia del resto que son denominados coliformes totales, poseen la enzima  $\beta$ -galactosidasa, son oxidasa negativa y su forma celular es de bacilos cortos. Los coliformes fecales relacionados a la flora intestinal presentan la particularidad de ser termotolerantes, se pueden multiplicar a 44 °C. (Eyzaguirre, 2015)

### **6.3.3 *Escherichia coli*:**

Es un tipo de bacteria coliforme fecal que se encuentra comúnmente en los intestinos de animales y humanos. Un resultado positivo de *Escherichia coli* es mucho más relevante que las bacterias coliformes por sí solas porque indica que los desechos humanos o animales están ingresando al suministro de agua. (Swistock, 2020)

Las bacterias del género *Escherichia coli* son bacilos gramnegativos y pertenece a la familia de Enterobacterias; aunque no parece que su presencia tenga una función especialmente relevante, se ha descrito que la bacteria *Escherichia coli* favorece la absorción de algunas vitaminas, especialmente la vitamina K. (Camacho, López & Martínez, 2014)

Esta bacteria es un habitante común de los intestinos de todos los animales de sangre caliente, incluyendo el de los humanos. Se considera que *Escherichia coli* es el indicador de contaminación fecal por ende es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. (Swistock, 2020)

Son pocas las cepas de *Escherichia coli* que pueden causar enfermedades a los humanos a través de diferentes mecanismos. Entre ellos están las cepas entero invasivas (EIEC) causante de síndromes diarreicos como: *Escherichia coli* enterotoxigénica, *Escherichia coli* entero patogénico, *Escherichia coli* entero invasiva, *Escherichia coli* enteroadherente, *Escherichia coli* enteroagregativa y *Escherichia coli* enterohemorrágica de esta última la más conocida es la cepa *Escherichia coli*, 0157:H7, causante de diarrea hemorrágica, y a veces puede provocar insuficiencia renal e incluso la muerte, especialmente en niños y en adultos con sistemas inmunológicos debilitados. (Camacho, López & Martínez, 2014)

#### **6.4 Enfermedades transmitidas por el agua**

Según la OMS (2019) El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud. Esto es especialmente cierto en el caso de los centros sanitarios en los que tanto los pacientes como los profesionales quedan expuestos a mayores riesgos de infección y enfermedad cuando no existen servicios de suministro de agua, saneamiento e higiene.

La diarrea es la enfermedad más conocida que guarda relación con el consumo de alimentos o agua contaminados. Sin embargo, hay también otros peligros. Casi 240 millones de personas se ven afectadas por esquistosomiasis, una enfermedad grave y crónica provocada por lombrices parasitarias contraídas por exposición a agua infestada. OMS (2019)

En muchas partes del mundo, los insectos que viven o se crían en el agua son portadores y transmisores de enfermedades como el dengue. Algunos de estos insectos, denominados

vectores, crecen en el agua limpia, y los contenedores domésticos de agua de bebida pueden servir como lugares de cría. (Ídem)

## **6.5 Tratamiento del agua**

### **6.5.1 Purificación de agua por sedimentación**

La sedimentación es un sencillo pretratamiento físico del agua que se realiza antes de la aplicación de otros tratamientos de purificación, como la filtración y la desinfección. Elimina tanto pequeñas partículas suspendidas no deseadas (arena, limo y arcilla) como algunos contaminantes biológicos del agua bajo la influencia de la gravedad. Cuanto más tiempo se mantenga el agua sin movimientos, más se depositarán los sólidos suspendidos y los patógenos en el fondo del contenedor. (Bruni & Raju, 2020)

### **6.5.2 Purificación de agua por Filtración**

La filtración es el proceso de separar un sólido del líquido en el que está suspendido al hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente. Se emplea para obtener una mayor clarificación, generalmente se aplica después de la sedimentación para eliminar las sustancias que no salieron del agua durante su decantación. (Núñez, López Romero, & Martínez Alemán, 2015)

### **6.5.3 Purificación de agua por Desinfección**

Se refiere a la destrucción de los microorganismos patógenos del agua ya que su desarrollo es perjudicial para la salud. Se puede realizar por medio de ebullición que consiste en hervir el agua durante 1 minuto y para mejorarle el sabor se pasa de un envase a otro varias veces, proceso conocido como aireación, después se deja reposar por varias horas y se le agrega una pizca de sal por cada litro de agua. Cuando no se puede hervir el agua se puede hacer por medio de un tratamiento químico comúnmente con cloro o yodo. (Núñez, López Romero, & Martínez Alemán, 2015)

#### **6.5.4 Yodación**

El yodo se ha utilizado en el pasado, similar al cloro, para desinfectar continuamente el agua. La yodación ya no se considera una opción de desinfección permanente debido a problemas de salud relacionados con la exposición prolongada a niveles bajos de yodo residual en el agua. Se recomienda la yodación solo para la desinfección de emergencia o a corto plazo. (Swistock, 2020)

#### **6.5.5 Purificación de agua por Cloración**

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar. (Núñez, López Romero, & Martínez Alemán, 2015)

#### **6.5.6 Purificación de agua por Ozono**

Por lo general la ozonización suele utilizarse cuando se requiere emplear su propiedad más importante: su elevado potencial oxidante, lo cual permite eliminar los compuestos orgánicos que dan un color, sabor y/u olor desagradable al agua como son la presencia de hierro y manganeso en el agua y al mismo tiempo inactivar a los microorganismos patógenos del agua. (Moreno, Figueroa & Bareño, 2016)

A pesar de sus excelentes propiedades, su uso se ha restringido a ciudades grandes con fuentes de agua altamente contaminadas, y se ha empleado muy poco en comunidades pequeñas y de porte medio. (Ídem)

El inconveniente principal para las comunidades pequeñas ha sido el costo inicial y el de operación, así como las dificultades operacionales y de mantenimiento. Sin embargo, en circunstancias, cuando todas las fuentes de agua accesibles están muy contaminadas

(biológica y/o químicamente), puede ser el método más recomendable para la oxidación de las sustancias orgánicas y desinfección primaria, siempre que cuente con la adición de un sistema de cloración secundario para mantener un efecto residual durante su distribución. (Ídem)

### **6.5.7 Purificación de agua por rayos ultravioleta**

Aunque la radiación ultravioleta (o luz ultravioleta o UV) no es popular en el tercer mundo, es el único método físico práctico que puede usarse para la desinfección del agua en comunidades pequeñas (con sistema centralizado de agua). Las aplicaciones prácticas de la radiación ultravioleta comenzaron en 1901 cuando se consiguió producir esta luz artificialmente. Esta técnica se consideró para la desinfección del agua de bebida cuando se comprobó que el cuarzo era uno de los pocos materiales casi totalmente transparente a la radiación ultravioleta, lo que permitió la envoltura protectora de los tubos. (Moreno Figueroa & Bareño, 2016)

La desinfección por ultravioleta usa la luz como fuente encerrada en un estuche protector, montado de manera que, cuando pasa el flujo de agua a través del estuche, los rayos ultravioleta son emitidos y absorbidos dentro del compartimiento. Cuando la energía ultravioleta es absorbida por el mecanismo reproductor de las bacterias y virus, el material genético (ADN/ARN) es modificado, de manera que no puede reproducirse. Los microorganismos se consideran muertos y el riesgo de contraer una enfermedad, es eliminado. (Núñez, López Romero, & Martínez Alemán, 2015)

## **6.6 Marco para la seguridad del agua de consumo humano**

Todas las personas deberían disponer de un abastecimiento satisfactorio del agua, el cuál debe ser suficiente, seguro y accesible; por tanto, se debe hacer el máximo esfuerzo para lograr que el agua de consumo humano sea tan segura como sea posible.

Lo anterior mencionado requiere la vigilancia del abastecimiento del agua de consumo, que incluye la evaluación continua y el examen de la seguridad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo.

Por otro lado:

Los requisitos básicos y esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo humano son un “marco” para la seguridad del agua que comprenda objetivos de protección de la salud establecidas por una autoridad con competencia en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto y planificación y gestión eficaces), y un sistema de vigilancia independiente. (OMS, 2018, pág. 3)

### **6.6.1 Aspectos microbiológicos**

La garantía de la inocuidad microbiana de los abastecimientos de agua de consumo humano se basa en la aplicación de barreras múltiples, desde la captación hasta el consumidor para evitar la contaminación del agua de consumo humano o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad aumenta mediante la implantación de múltiples barreras, como la protección de los recursos hídricos, la selección y la operación correctas de una serie de etapas de tratamiento, y la gestión de sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. (Ibídem, pág. 5)

Esto es de suma importancia en relación al agua almacenada debido a que los mayores riesgos microbiológicos se asocian a la ingestión de agua contaminada con heces humanas o de animales (incluidas las de las aves). De ese modo, las heces pueden ser fuente de agentes patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

### **6.6.2 Desinfección**

Asimismo, “la desinfección tiene una importancia incuestionable en la seguridad del abastecimiento de agua de consumo humano. La eliminación de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza con productos químicos reactivos como el cloro.” (OMS, 2018, pág. 7)

De esta manera, constituye una barrera eficaz contra numerosos agentes patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo humano y debe utilizarse tanto para las aguas superficiales como para las aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.

Sin embargo, la desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del abastecimiento, y aún peor cuando el agua de consumo se almacena por mucho tiempo en condiciones no higiénicas. (OMS, 2018)

“La concentración de algunos desinfectantes del agua de consumo humano, como el cloro, se puede monitorear y controlar fácilmente, y se recomienda el monitoreo frecuente cuando se aplica la cloración del agua.” (Ídem)

### **6.6.3 Aspectos químicos**

Las preocupaciones relacionadas con la salud que se asocian a los componentes químicos del agua de consumo humano son distintas de las asociadas a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos en la salud luego de periodos prolongados de exposición... Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo humano; sin embargo, solo unos pocos representan un peligro inmediato para la salud en alguna circunstancia determinada. La prioridad asignada al monitoreo y a las medidas correctivas de la contaminación del agua de consumo humano debe gestionarse de tal modo que se evite emplear innecesariamente los escasos recursos en el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula. (OMS, 2018, pág. 8)

### **6.6.4 Aspectos radiológicos**

En relación a esto, la OMS aclara que:

También debe tenerse en cuenta el riesgo para la salud asociado a la presencia de radionúclidos de origen natural en el agua de consumo humano, aunque en circunstancias normales la contribución del agua de consumo humano a la exposición total a radionúclidos es muy pequeña. (2018, pág. 9)

### **6.6.5 Aspectos relativos a la aceptabilidad: sabor, olor y apariencia**

Los cambios en la apariencia, olor y sabor del agua de consumo humano de un sistema de abastecimiento pueden indicar alteraciones en la calidad del agua de la fuente o deficiencias en los procesos de tratamiento, lo que debe investigarse.

Sin embargo, “en casos extremos, los consumidores pueden evitar consumir agua que es inocua, pero inaceptable desde el punto de vista estético y preferir, en cambio, agua de otras fuentes cuyo aspecto sea más agradable, pero que puede ser insalubre.” (Ídem)

## **6.7 Métodos para la determinación bacteriológica**

### **6.7.1 Método de número más probable**

Fundamento

La determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas., utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa. (Martínez, 2019)

Fase presuntiva

El medio de cultivo que se utiliza es el caldo Lauril Sulfato de Sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono. (Martínez, 2019)

Fase confirmativa

Se emplea como medio de cultivo caldo lactosado Bilis Verde Brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el Verde Brillante. (Martínez, 2019)

La bilis de buey y el verde brillante inhiben las bacterias Gram positivas y la mayoría de las bacterias Gram negativas, excepto los coliformes. También evitan el crecimiento de los

fermentadores anaeróbicos de lactosa, como *Clostridium perfringens*, que podrían dar reacciones positivas falsas. (Condolab, 2019)

La determinación NMP de microorganismos coliformes se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de  $35 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 a 48 horas. La turbidez en el caldo y la producción de gas en el tubo invertido son signos positivos. (Ídem)

El caldo EC es un medio recomendado para la prueba confirmatoria del recuento de coliformes fecales en muestras de agua y alimentos, mediante la técnica del NMP. El contenido de lactosa en este medio, favorece el crecimiento de bacterias lactosa positivas, especialmente coliformes fecales con producción de gas, mientras que las sales biliares inhiben el crecimiento de gran parte de la flora acompañante. Este caldo es recomendado para el recuento de coliformes fecales en agua y alimentos. La presencia de gas en las campanas Durham después de incubar 24 horas a  $44^{\circ}\text{C}$  se considera como prueba positiva para la presencia del grupo coliformes fecales. (Insumolab, 2018)

El caldo EC con MUG tiene la misma fórmula que EC con la adición de 4 metilumbeliferil-B-D-glucurónido (MUG) recomendado para detección de *Escherichia coli*. Este medio mejora los métodos de detección de coliformes, en particular de *Escherichia coli*, y se utiliza para analizar el agua potable, los sistemas de tratamiento de aguas residuales y, en general, para el monitoreo de la calidad del agua, así como los mariscos y otros alimentos. El medio se utiliza a  $44,5^{\circ}\text{C}$  para el aislamiento de *Escherichia coli*. (Condolab, 2019)

Las sales biliares actúan como un agente selectivo que inhibe las bacterias Gram positivas, los bacilos y los enterococos, pero permite que se desarrolle *Escherichia coli*. Las sales de potasio tienen una alta capacidad taponadora. La triptosa proporciona los nutrientes para el crecimiento y la lactosa es el carbohidrato fermentable como fuente de carbono y energía. El cloruro de sodio mantiene el equilibrio osmótico. *Escherichia coli* produce la enzima  $\beta$ -D-glucuronidasa que hidroliza el MUG para producir un producto fluorogénico que se puede detectar bajo la luz UV de onda larga (366 nm). La adición de MUG al Caldo EC proporciona otro criterio, además de la respuesta de crecimiento y la producción de gas,

para determinar la presencia de *Escherichia coli* en muestras ambientales y de alimentos.  
(Ídem)

Ventajas del NMP:

- La capacidad de estimar tamaños poblacionales basados en atributos relacionados a un proceso (selectividad).
- Suele ser más rápido e igual de confiable que los métodos tradicionales de esparcimiento en platos de cultivo
- Se utiliza para contar microorganismos que son difíciles de cultivar en medio sólido.
- Se usa para determinar el número de células de un cultivo mixto que pueden crecer en un medio líquido determinado.

Desventajas

- No detectan las poblaciones con menos de una célula por mililitro, sólo permite microorganismos viables.
- Tiene la necesidad de un gran número de copias duplicadas con las diluciones adecuadas.

## **6.8 Norma 066: Manual para la vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo Humano**

Para la realización de este estudio es necesario hacer uso de la *Norma 066: Manual para la vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo Humano*, la cual expone:

El desarrollo del manual de vigilancia de agua de consumo humano, está determinado por la ejecución de las acciones que puedan ser medibles y por la evaluación del impacto en la salud de la población que hace uso del servicio de agua.

En Nicaragua debido a el difícil acceso y a los limitados recursos, es aceptable que una limitada selección de parámetros pueda ser considerado en la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano. Sin embargo, es necesario que se cubran los aspectos más esenciales de la calidad del agua. Si se tiene en cuenta que el mayor énfasis estará centrado principalmente sobre la seguridad del agua en los aspectos microbiológicos, físicos,

químicos y en donde se practique la desinfección por cloración, el mantenimiento de un nivel mínimo de cloro residual libre, se estima como lo más conveniente en un manual de vigilancia. Todas estas actividades, paralelamente a la inspección sanitaria, son consideradas como la parte medular del manual de vigilancia sanitaria de la calidad del agua para consumo humano, que debe ser realizado por personal capacitado, tanto a nivel nacional como local.

En aquellos casos en que se detecten cambios bruscos de los valores encontrados en un análisis, se podrá presumir que los mismos son debidos a graves contaminaciones de la fuente de abastecimiento. La investigación inmediata a través de la inspección sanitaria y el análisis bacteriológico, físico o químicos serán los primeros pasos hacia las medidas a recomendar para encontrar solución al problema puntual donde se presente la contaminación. Para poder evaluar las acciones de este manual se han definido la ejecución de tres componentes básicos. Estos componentes serán la base para el análisis y discusión de posibles alternativas de solución a problemas encontrados en un acueducto. Los componentes del manual para la vigilancia sanitaria del agua de consumo humano son las siguientes:

- Inspecciones sanitarias al sistema (fuente, almacenamiento y red de distribución).
- Determinación del cloro residual libre en la red de distribución.
- Muestreo de agua para análisis bacteriológico en la red de distribución, físico y químico en fuentes de abastecimiento. Estos componentes serán ejecutados en todos los acueductos del país de acuerdo a la frecuencia establecida en los niveles de vigilancia propuestos en este documento. (Castro, Guevara, & Beteta, 2011, pág. 22)

### 6.8.1 Parámetros físicos-químicos según la norma CAPRE

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)

Fuente: norma CAPRE

(a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.

(b) Cloro residual libre

(c) 5 mg/l en base a evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud. Por otro lado, cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor.

### 6.8.2 Parámetros bacteriológicos según la norma CAPRE

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme fecal	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

Fuente: Norma CAPRE

(a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *Escherichia coli*. La bacteria Coliforme Total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.

(b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifica las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras, al año, el porcentaje de negatividad debe ser  $\geq 90\%$ .

## **VII. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **7.1 Área de estudio:**

El estudio se llevó a cabo en el barrio Los Marencos del sector Marvin Corrales, municipio de San Marcos, Carazo.

### **7.2 Tipo de investigación:**

Descriptivo, de corte transversal.

### **7.3 Universo:**

El universo está constituido por 70 viviendas que almacenan agua para consumo humano en el barrio Los Marencos Sector Marvin Corrales, municipio de San Marcos, Carazo.

### **7.4 Muestra:**

Conformada por 40 muestras de agua almacenada (correspondiente al 58% del universo) procedentes de 40 viviendas y 2 muestras agua extraídas del pozo de abastecimiento, utilizadas como control.

### **7.5 Tipo de muestreo:**

Estratificado por conveniencia

### **7.6 Unidad de análisis:**

Muestras de aguas de consumo almacenadas.

### **7.7 Criterios de inclusión:**

- Las aguas deben ser proveniente del sistema de ENACAL.
- Consentimiento verbal y por escrito de los pobladores para tomar la muestra de agua.
- Que el agua almacenada sea para consumo humano.
- Se recolectará por lo menos una muestra para control intraensayo de la calidad del agua proveniente de ENACAL.

## **7.8 Criterios de exclusión:**

- No se tomarán muestras de agua directamente del grifo.
- No se tomarán muestras de agua proveniente de otras fuentes diferentes a la mencionada exceptuando aquella usada para el control intraensayo.

**Consentimiento informado:** Ver Anexo 8

## **7.9 TÉCNICAS**

### **7.9.1 Rotulación.**

Antes de la toma de la muestra se marcaron las bolsas recolectoras, mediante rotulador resistente al agua, con una referencia que permita su identificación. A la muestra se le colocó etiqueta en la que se consignen los datos necesarios como los siguientes:

- **Datos del agua:**

Número de muestra.

Origen de la muestra (Pileta, Balde, Pila, Cisterna, Pichinga, etc.).

Fecha y hora de la captación.

- **Otros datos:**

Consignar si el agua es natural o está sometida a algún tratamiento de depuración (cloro, filtración, carbón activo, etc.).

Identificación de la persona que ha tomado la muestra.

### **7.9.2 Recolección de la muestra.**

- a. Las bolsas recolectoras estériles se abrieron de manera que no se tocaran los bordes internos, con el fin de evitar contaminación
- b. Una vez agitado el recipiente, se trasegó el agua almacenada a la bolsa, esto aplica en caso de recipientes pequeños o medianos, en el caso de recipientes grandes o inmóviles, se utilizó un frasco estéril para luego hacer la transferencia a las bolsas estériles, tomando un volumen de aproximado de 450ml.

### **7.9.3 Transporte de la muestra:**

Las muestras se transportaron en termos y con bolsas gel pack ya que es indispensable que las muestras se mantuviesen refrigeradas hasta su arribo al laboratorio de agua y alimentos ubicados en el CNDR, ya que tanto las temperaturas mayores a 6°C como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos.

En cualquier caso, debe evitarse el congelamiento de la muestra, esto puede provocar que los microorganismos mueran.

### **7.9.4 INDICADOR DE PH**

#### **7.9.4.1 Procedimiento**

Para evaluar el pH del agua:

1. Se introdujo la tira de prueba en el agua de estudio.
2. Se observó inmediatamente el papel y se comparó el cambio de color con la tabla de colores incluida para conocer el nivel de acidez o alcalinidad del líquido.

#### **7.9.4.2. Interpretación**

- ✓ 1-3 indica una sustancia muy ácida,
- ✓ 4-6 indica una sustancia ácida,
- ✓ 7 indica neutral,
- ✓ 8-11 indica alcalino,
- ✓ 12-14 indica un nivel muy alto de alcalinidad.

### **7.9.5 MÉTODO DE LOS TUBOS MÚLTIPLES (NMP).**

#### **Procedimiento.**

#### **Prueba presuntiva.**

Es un procedimiento de criba en el que una reacción negativa excluye la presencia del grupo coliformes y una reacción positiva indica su posible presencia.

#### **Técnica.**

- a) Disponer en gradilla una serie de 5 tubos por cada dilución a realizar con medio líquido caldo lactosado simple y doble concentrado, según la tabla NMP que se haya elegido.
- b) Mediante pipetas estériles, sembrar los tubos de la serie tomando los volúmenes del agua, ya homogeneizada (10 ml, 1 ml y 0.1 ml). Homogeneizar los tubos inoculados.
- c) Incubar a 37°C ( $\pm$  1°C) durante 24 horas ( $\pm$  dos horas) y, en su caso, hasta 48 horas ( $\pm$  tres horas).

### **Control de calidad**

- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- *Escherichia coli* ATCC 25922

### **Lectura e interpretación.**

- Se consideran tubos positivos aquellos en los que se observa turbidez y aparición de gas en la campana de fermentación, independientemente de su cantidad.
- La producción de gas se pone también de manifiesto por el desprendimiento de pequeñas burbujas que atraviesan el medio al agitar suavemente el tubo.
- La ausencia de gas al cabo de 48 horas ( $\pm$  tres horas) se considera como prueba negativa.

### **Prueba de confirmación.**

- Es un procedimiento mediante el cual una reacción negativa excluye la presencia de coliformes fecales, mientras que una reacción positiva indica su presencia inequívoca.
- Deben someterse a esta prueba todos los tubos que hayan resultado positivos en la prueba presuntiva.
- En los tubos en los que la positividad se manifieste a las 24 horas no es necesario continuar la incubación, pudiendo iniciarse entonces con ellos la prueba de confirmación.

## Control de calidad

- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- *Escherichia coli* ATCC 25922

## Técnica.

- Disponer en gradilla tantos tubos de caldos *Escherichia coli* y Caldo bilis verde brillante (EC, CBVB) como tubos positivos presuntivos.
- Resembrar cada tubo con un asa o dos gotas de pipeta Pasteur.
- Incubar los tubos EC a 44 °C ( $\pm 0,5$  °C) durante 24 horas ( $\pm$  dos horas).
- Incubar los tubos CBVB a 37 °C ( $\pm 0,5$  °C) durante 24-48 horas

## Lectura e interpretación.

- Si se observa turbidez y producción de gas en el Caldo Bilis Verde Brillante a las 24 o 48 horas indica la presencia de coliformes totales.
- Si se observa turbidez y producción de gas en el caldo *Escherichia coli* luego de 24 horas de incubación la prueba se considera positiva para coliformes fecales.
- Para el cálculo del NMP se contabilizarán como positivos aquellos tubos de la serie que hayan dado prueba de confirmación positiva.

## Prueba confirmativa para *Escherichia coli* utilizando caldo EC+MUG (4 metilumbeliferil- $\beta$ -D-glucorónido)

- A partir de la fase confirmativa de cada tubo que resulte positivo; que muestre la formación de gas y turbidez, tomar un asa e inocular en un número igual de tubos con medio de confirmación EC+MUG.
- Incubar a  $44.5 \pm 0.2$ °C durante 24 horas
- Examinar bajo la acción de una luz UV 365 nm en cuarto oscuro, los tubos que presenten turbidez y fluorescencia azul clara, se considera como prueba positiva.
- Utilizar estos resultados para calcular el número más probable de *Escherichia coli*.

## **Control de calidad**

- *K. pneumoniae* ATCC 13883
- *Escherichia coli* ATCC 25922

### **7.10 Instrumentos para la recolección de la información**

Para la recolección de la información se utilizará una guía de observación (ver anexo 5) y preguntas dirigidas hacia los jefes de familia de cada vivienda (ver anexo 4) donde se realizará el muestreo, esto con el objetivo de obtener los datos sobre las condiciones higiénico sanitarias de los hogares participantes en el estudio. Asimismo, los instrumentos de recolección de información deberán contener algunos datos generales como: fecha de la captación de datos, nombre del representante del hogar, dirección de la vivienda y código asignado de la muestra.

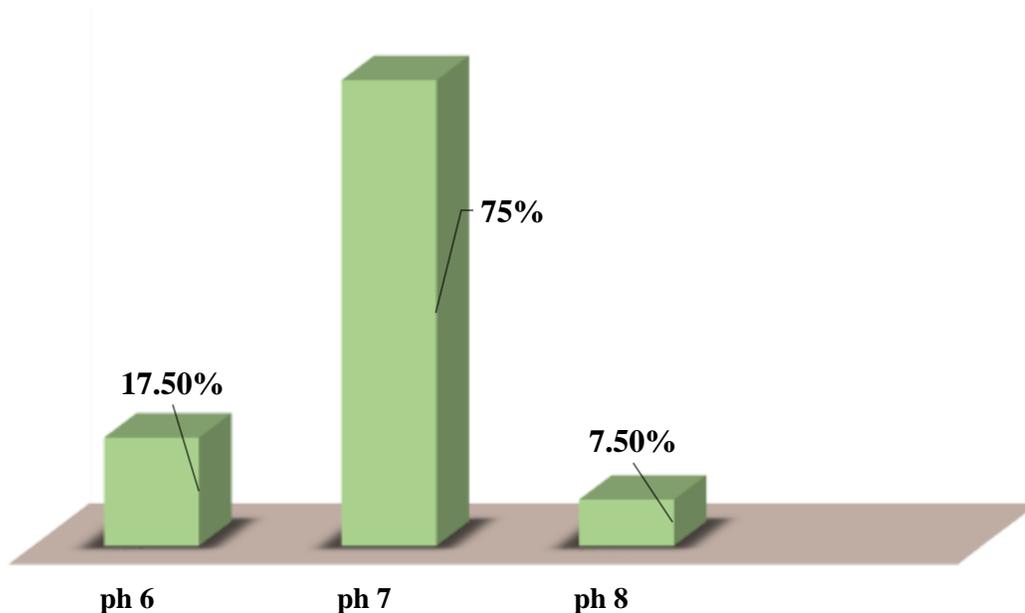
También se utilizó un formato de resultados para guardar y ordenar los resultados de las muestras (ver anexo 7) y una ficha para rotulación de las muestras (Ver anexo 6)

### 7.11 Operacionalización de variables

Variable	Sub variable	Indicador	Valor	Criterio
pH	Cintas de papel indicador universal	Viraje de color por rango	6.0 - 8.5	Aceptable
			< 6 o >8.5	No aceptable
Indicadores de contaminación del agua.	Coliformes totales	Presencia de gas en campana Durham y turbidez	≤ 4 NMP	Aceptable
			≥ 5 NMP	No aceptable
	Coliformes termotolerantes	Presencia de gas en campana Durham y turbidez	0 NMP	Aceptable
			≥ 1NMP	No aceptable
	<i>Escherichia coli.</i>	Fluorescencia detectada con luz UV	0 NMP	Aceptable
			≥ 1NMP	No aceptable
Factores asociados a la contaminación de agua de consumo almacenada.	Condiciones de almacenamiento del agua		-	Aceptable
			-	Deficiente
	Sistemas de tuberías		-	Aceptable
			-	Deficiente
	Frecuencia del lavado de los recipientes		-	Aceptable
			-	Deficiente
	Clasificación de recipientes para agua de consumo y agua para otras actividades		-	Aceptable
			-	Deficiente

## VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

**Gráfico N° 1: Medición del pH del agua mediante el uso de cintas de papel indicador universal Guangfan.**



Fuente: Datos procedentes de la tabla #1.

El gráfico N° 1 muestra que el 75% correspondiente a 30 muestras tenían un pH igual a 7.0 y por tanto esto es considerado un pH óptimo. Además de esto, los resultados reflejan que el 7.5% equivalentes a 3 muestras presentaron un pH 8 y el 17.5% de muestras, correspondientes a 7 muestras, se encontraban por debajo de los valores aceptables (6.5-8.5) al tener pH 6.

Por tanto, un pH 6 no exige que el agua deje de ser potable o resulte nociva únicamente por el hecho de poseer este pH, sino hasta alcanzar niveles bastante inferiores (por ejemplo pH < 5.5), esto ya que las aguas demasiado ácidas disuelven muy rápidamente los metales empleados ya sea en una red de distribución.

Según el resultado del estudio de García & López (2006) la medición de pH en las muestras de agua almacenada durante los dos meses en que se realizó el estudio, se encontraban

entre los valores de 8.0, 8.1 y 8.2, por lo tanto todos los datos se encontraban dentro de los rangos establecidos por la norma CAPRE al igual que los datos obtenidos en este estudio y aunque se presentó una mayor variabilidad en el pH debido a cambios de temperatura 37 de las 40 muestras se encontraban en los rangos establecidos por la norma CAPRE y aunque los otros 3 valores se encontraban fuera, estos no representaban un daño mayor al consumidor, también el estudio de García & López (2006) señala que es importante la medición de pH para que no lleguen afectar los métodos de tratamientos que se lleguen a aplicar.

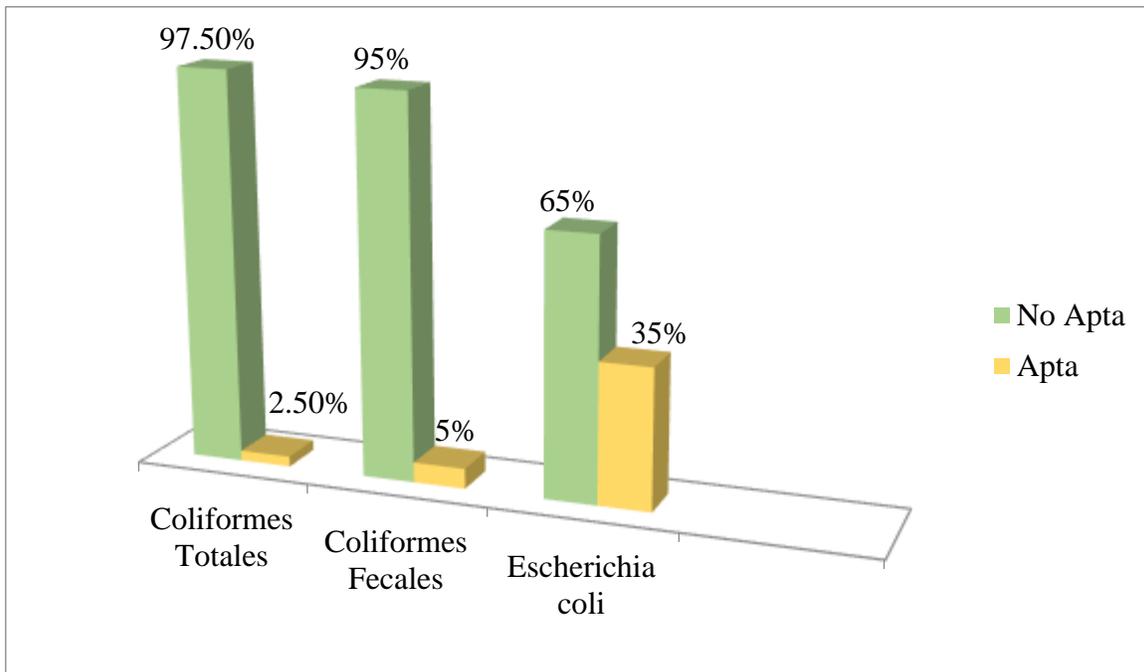
Es importante medir el pH en las aguas de consumo debido a que algunos procesos químicos como el cloro solo se pueden producir cuando el agua presenta un determinado pH ente 6 y 8. (OPS, 2013). De lo contrario se pueden producir subproductos de la desinfección, tal como los mencionados por la OMS (2018)

El valor del pH durante la cloración afecta la distribución de subproductos clorados. La reducción del pH reduce la concentración de trihalometanos (THM), pero conlleva un aumento de la formación de ácidos haloacéticos. Por el contrario, al aumentar el pH se reduce la producción de ácidos haloacéticos, pero se incrementa la formación de THM.

De lo anterior se puede decir que el pH de las aguas analizadas es idóneo para ser tratadas por cloración, ya que la OPS (2013) describe que el pH es un factor importante que influye sobre el crecimiento de los microorganismos, las bacterias generalmente crecen en un pH de 6.0 hasta 8.5 y sólo pocas prefieren pH de 8.5 o mayor.

En los resultados obtenidos también se observa una variabilidad del pH en aguas esta se asocia a cambios de la temperatura. Cuando hay un incremento en la temperatura, el pH disminuye, las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno. Al aumentar la proporción de moléculas descompuestas se produce más hidrógeno, lo que conlleva a que el pH baje y se vuelva ácido, mientras cuando se presenta una disminución de la temperatura el agua se vuelve un poco más alcalina y por ende el pH aumenta. (Boyd 2018)

**Gráfico N° 2: Determinación de la contaminación del agua en estudio por bacterias coliformes y *Escherichia coli*.**



Fuente: Datos procedentes de la tabla #2

De las muestras analizadas el 97.5% resultaron para coliformes totales mayor a 4 NMP/100ml, esto evidencia una clara contaminación del ambiente hacia el agua después de ser recolectada del pozo.

Ingerir agua que está contaminada con coliformes totales no siempre causa enfermedades ya que la mayoría de estas bacterias son inofensivas para los humanos. Sin embargo, hay bacterias que causan enfermedades, los síntomas más comunes son malestar gastrointestinal y síntomas generales similares a los de la gripe, como fiebre, calambres abdominales y diarrea. (Swistock, 2020)

Sin embargo, la presencia de bacterias coliformes totales no es un indicador franco de contaminación fecal y, por ende, al analizar el otro tanto por ciento de las muestras se obtuvieron que estas tenían además de bacterias coliformes totales, presencia de bacterias coliformes de origen fecal y *Escherichia coli*, tal como se muestra en el gráfico.

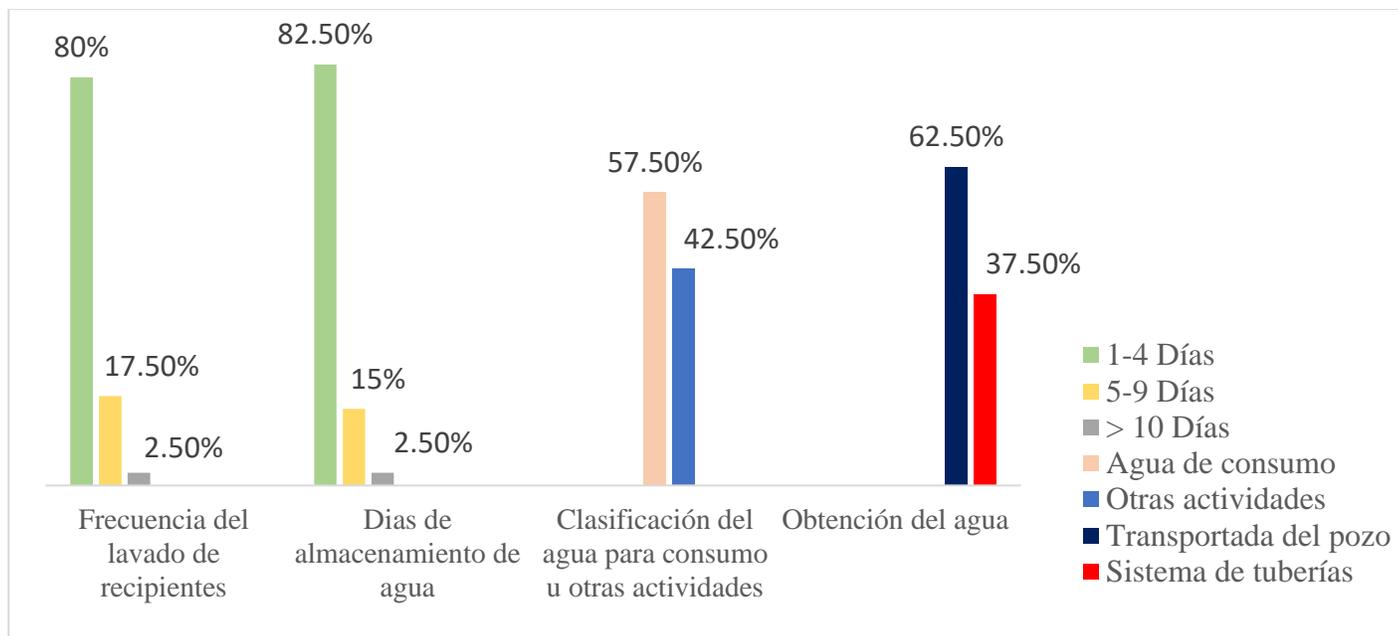
Se puede observar en el gráfico que para el indicador coliformes fecales, se obtuvo el 95% de las muestras positivas; la presencia de estos coliformes fecales indica que el agua no es apta para consumo humano según la Normativa 066. Ya que la presencia de bacterias coliformes fecales indica que existe una fuente de contaminación que permite que el agua esté siendo contaminada con material fecal humana o animal e incluso se sabe por la presencia de estas bacterias que el agua tiene días de almacenamiento. (Swistock, 2020)

En relación a la presencia de *Escherichia coli*, se obtuvo que para el 35% de muestras no se encontró esta bacteria de origen fecal, y un 65 % tenían presencia de *Escherichia coli*; sin embargo, esto no significa que únicamente el 65% de ellas estuviesen contaminadas fecalmente, una de las principales razones por las que el 35 % de las muestras que no tenían presencia de *Escherichia coli* per si presencia de coliformes fecales pudo ser debido al estrés ambiental al que están sometidas las bacterias en un medio pobre en nutrientes como lo es el agua.

Estos resultados son esperados debido a que el agua de pozo no está recibiendo tratamiento de cloración lo que favorece la proliferación de coliformes.

En el estudio de Fernández (2018) los análisis realizados a las muestras obtenidas, demostraron que había presencia de bacterias heterotróficas y coliformes totales que superaron los criterios establecidos por el ministerio de salud de Perú acerca del agua de consumo, mientras que *Escherichia coli* no la detectaron en ninguna muestra, al comparar estos resultados con los datos obtenidos en este estudio se puede evidenciar una relación entre ellos, ya que también los resultados del análisis de coliformes totales superan los límites establecidos por la norma CAPRE y diferencia este estudio si se pudo comprobar la presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli*. También Fernández (2018) señala que es el mal almacenamiento lo que constituye un factor que incrementa los riesgos de contaminación y por ende convertir al agua en un vehículo importante para la trasmisión de patologías.

**Gráfico No. 3: Identificación de los factores asociados a la contaminación del agua de consumo de la población del barrio los Marencos, sector Marvin Corrales de San Marcos, Carazo.**



Fuente: Datos procedentes de la tabla #3

Como se puede apreciar en el gráfico, el 82.5 % de las muestras de agua analizadas tenían almacenadas entre 1 a 4 días, el 17.5% entre 5 a 9 días y el 2.5% mayor a 10 días, estos periodos de almacenamiento sumado a las condiciones higiénico sanitarias deficientes y la ausencia de cloración favorecen la posibilidad de contaminación.

Otro factor evidente es la frecuencia del lavado de los recipientes, así como la carencia de condiciones higiénicas apropiadas para el uso que se les da. Tampoco cuentan con un dispensador de agua, lo que conlleva a que las personas introduzcan recipientes para obtener el vital líquido, por lo tanto, el riesgo de contaminación aumenta con esta práctica.

Otro factor que se logró evidenciar es que el 42.5% de la población no separa el agua de consumo del agua que utilizan para realizar las diversas tareas del hogar, esto por consecuencia provoca una mayor manipulación del agua y aumenta el riesgo de contaminación notablemente.

El 37.5% de las viviendas muestreadas contaban con una red de tuberías conectadas por decisión propia al pozo, facilitándoles el suministro de agua hasta su hogar evitando el transporte de esta desde el pozo, no obstante, estas no estaban menos propensas a sufrir contaminación, ya que se les abre la llave central del pozo solo dos veces a la semana por lapsos muy cortos de tiempo, por lo tanto terminan almacenando el agua que consumen de igual forma que el resto de los pobladores.

Con la ayuda de la guía de observación detectamos 7 viviendas que almacenan el agua que consumen afuera del hogar, exponiéndola de manera directa a los rayos del sol durante el día y una temperatura más baja durante la noche. Según Ozyasar (2018) Cuando hay un incremento en la temperatura, el pH del agua disminuye en la escala, las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno. Al aumentar la proporción de moléculas descompuestas se produce más hidrógeno, lo cual, por supuesto aumenta a su vez el potencial de hidrogeniones, disminuyendo así el pH.

El almacenamiento del agua en el hogar es una práctica esencial en casos de emergencia, cuando las fuentes de suministro de agua no están disponibles, pero la falta de información acerca de un buen manejo del agua almacenada conlleva al mal uso provocando que las aguas se contaminen.

Los resultado de nuestro estudio son similares al estudio de Camacho, y col (2014)., donde el factor que más influyó en la contaminación de agua fue el periodo de almacenamiento, así mismo el estudio realizado por García & López (2006), encontraron que los factores de riesgo de la contaminación del agua almacenada para consumo se encuentran la falta de acceso directo a la red de distribución, la poca conciencia del riesgo de contaminación al manipularla de manera inadecuada y la falta de medidas higiénicas en el manejo de los recipientes donde se almacena el agua.

Las personas que viven en el mismo lugar durante toda su vida y consumen regularmente agua contaminada, pueden ser asintomáticos o sufrir leves problemas de salud o ninguno. OMS (2019)

## **IX. CONCLUSIONES**

1. El 75% de las muestras presentaron pH 7 y el 7.5% pH 8, encontrándose dentro de los parámetros establecidos por la norma CAPRE y el 17.5% restante un pH de 6.0, fuera de los valores establecidos.
2. Al aplicar la técnica del NMP se determinó que el 97.5% presentó coliformes totales, el 95% coliformes fecales y se confirmó la presencia de *Escherichia coli* en el 65%, por tanto estas son consideradas no aptas para el consumo humano.
3. Los principales factores asociados a la contaminación del agua analizada fueron; frecuencia del lavado de recipientes, el periodo de almacenamiento y la no separación del agua de consumo con la utilizada para otras actividades.

## **X. RECOMENDACIONES**

### **Al centro de salud de San Marcos**

Dar un seguimiento al programa de vigilancia para la calidad de agua y asegurar en conjunto con ENACAL la cloración de esta.

Brindar capacitación a la población de como clorar el agua y a la vez brindar charlas educativas para un buen manejo del almacenamiento y manipulación del agua.

### **A ENACAL**

La principal recomendación es implementar el sistema de tuberías para agua potable, para que los pobladores tengan acceso a agua de mejor calidad.

Garantizar la cloración del agua en el periodo correspondiente.

### **A la población**

Adoptar medidas higiénicas-sanitarias de los recipientes donde almacenan el agua y tomar conciencia de los riesgos que conllevan consumir agua contaminada.

### **Dirigentes comunitarios**

Realizar censos en los barrios donde están asignados para conocer el número de viviendas exactas para que en futuras investigaciones este dato que resulta de mucha ayuda no sea una limitante.

### **UNAN-Managua y CNDR**

Seguir incentivando a los estudiantes y trabajadores a realizar investigaciones ligadas a la calidad del agua en zonas donde el suministro de agua no es constante o no recibe tratamiento.

## **XI. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

La falta de un censo actualizado por parte de los dirigentes comunitarios de barrio los Marencos para verificar de manera exacta el número de viviendas.

No se encontró el mapa del barrio los Marencos, por lo tanto, no se pudo marcar los puntos muestreados.

El tamaño de la muestra fue una limitante debido a que no se pudieron abarcar las 70 casas aproximadas del barrio, esto porque se encontraban viviendas cerradas en las dos visitas realizadas y al ser un estudio donde los pobladores participaban de manera voluntaria, algunas familias decidieron no participar.

El no poder incluir a la discusión la medición de cloro residual, ya que el agua del pozo tiene meses sin recibir tratamiento de cloración.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- Barrere, Y., & Aguirre, C. (2011). Calidad del agua de pozos y aguas superficiales en la micro cuenca Las Jaguas, municipio de Ciudad Antigua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN10B272.pdf>
- B. Swistock, W. Sharpe, & P. Robillard. (2019, octubre 18). *Hierro y Manganeso en sistemas de agua privados*. Retrieved from <https://extension.psu.edu/hierro-y-manganeso-en-sistemas-de-agua-privados>
- Bruni, M., & Raju , S. (2020). Sedimentación. *Gestion de agua y Saneamiento disponible*. Retrieved from <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/sedimentaci%C3%B3n->
- Celiz, J., & Soto, B. (Octubre de 2016). *Evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN - León* . Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6649/1/239232.pdf>
- CONDOLAB. Caldo EC (05 de Junio de 2019). Obtenido de [https://www.condalab.com/int/es/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=8664](https://www.condalab.com/int/es/index.php?controller=attachment&id_attachment=8664)
- CONDOLAB. Caldo EC+MUG (13 de Mayo de 2019). Obtenido de [https://www.condalab.com/int/en/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=18414](https://www.condalab.com/int/en/index.php?controller=attachment&id_attachment=18414)
- Doménech, J. (2002, Noviembre). *Control de la calidad del agua*. Retrieved from <https://www.elsevier.es/en-revista-offarm-4-articulo-control-calidad-del-agua-13039720>
- Fernández, E. (2018). Análisis microbiológico del agua potable del reservorio de Umuto El Tambo. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1081>
- Fuentes & Tenorio. (2014). Aplicación de métodos Analíticos Normalizados para determinar Hierro total (Fe), Cloruro (Cl-) y Nitritos (NO<sub>2</sub> -) en muestras de agua Potable del pozo de la UNAN-Managua y la abastecida por ENACAL.

- García; et al. (2012). *CLORUROS TOTALES EN EL AGUA DE ABASTECIMIENTO*.
- García, Francisco & López, Hugo. (2006). Manejo del agua potable y aguas grises en el barrio el Rodeo, Managua.
- González & Toruño. (2017). *Evaluación de la calidad microbiológica del agua en bolsas comercializadas en los semáforos de la UCA a través del método de Filtración por Membrana*.
- Moreno Figueroa, M. A., & Bareño, I. R. (2016). Diseño, Propuesta E Implementacion De Un Filtro Para Tratamiento De Aguas De Uso Doméstico En Tanques De Reserva En La Poblacion Del Cascourbano De La Inspección De San Antonio De Anapoima. Retrieved from <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%2011.pdf?sequence=1>
- Norma regional CAPRE. (1994). Obtenido de Normas para la calidad del agua de consumo: [https://www.rasnic.org/wp-content/uploads/2020/09/CAPRE\\_Normas\\_Regional-1.pdf](https://www.rasnic.org/wp-content/uploads/2020/09/CAPRE_Normas_Regional-1.pdf)
- Fernández, E. (2018). *Análisis microbiológico del agua potable del reservorio de Umuto El Tambo*. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1081>
- Núñez, B. d., López Romero, J. A., & Martínez Alemán, N. M. (2015). *CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO EL CRUCERO, MANAGUA EN EL PERIODO JULIO-DICIEMBRE 2014*. MANAGUA.
- OMS. (2019, Junio 14). *Organización Mundial de la Salud*. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Ozyasar, H. (01 de Febrero de 2018). *Los efectos de la temperatura en el pH del agua*. Obtenido de <https://www.geniolandia.com/13108992/los-efectos-de-la-temperatura-en-el-ph-del-agua>
- Sandra & Paola. (02 de Abril de 2015). *Coliformes totales y termotolerantes como contaminantes de agua de río*. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/paolaeyzaguirreliendo/coliformes-totales-y-termotolerantes-como-contaminantes-de-agua-de-ro>

S. Ríos; R. Agudelo & L. Gutiérrez. (2017, Febrero 15). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano*. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

Swistock, B. (2020, octubre 19). Bacterias Coliformes. *Penn State Extension*. Retrieved from <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%2011.pdf?sequence=1>

Valdivielso, A. (2021). *Tipos de contaminantes del agua*. Retrieved from <https://www.iagua.es/respuestas/tipos-contaminantes-agua> (CONDOLAB, 2019)

### XIII. ANEXOS

#### Anexo 1

Tabla 1 Resultados pH

<b>Determinación del pH del agua en estudio</b>			
	Datos obtenidos	Resultados	Porcentaje
<b>pH</b>	6	7	17,5%
	7	30	75%
	8	3	7,5%
<b>Total de muestras</b>	40		

#### ANEXO 2

Tabla 2 Resultados de análisis de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*

<b>Determinación de la contaminación del agua en estudio por bacterias coliformes y <i>Escherichia coli</i>.</b>		
	Muestras Positivas	Positividad en Porcentaje
<b>Coliformes Totales</b>	39	97,5%
<b>Coliformes Fecales</b>	38	95%
<b><i>Escherichia coli</i></b>	26	65%
<b>Total de Muestras</b>		40

### Anexo 3

Tabla 3 Factores asociados a la contaminación del agua de consumo

<b>Factores asociados a la contaminación del agua de consumo</b>			
	Datos obtenidos	Resultados	Porcentaje
<b>Frecuencia del lavado del recipiente</b>	1-4 Días	32	80%
	5-9 Días	7	17,5%
	> 10 Días		2,5%
<b>Días de almacenamiento del agua</b>	1-4 Días	33	82,5%
	5-9 Días	6	15%
	> 10 Días	1	2,5%
<b>Clasificación del agua para consumo u otras actividades</b>	Agua de consumo	23	57,5%
	Otras actividades	17	42,5%
<b>Obtención del agua</b>	Transportada del pozo	25	62,5%
	Sistema de tuberías	15	37,5%
<b>Total de muestras</b>		40	



## Anexo 4



### **Preguntas dirigidas a los jefes de familia de las viviendas del barrio Los Marencos, San Marcos.**

#### **Datos generales**

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre el representante del Hogar:

\_\_\_\_\_

Dirección de vivienda: \_\_\_\_\_

Código de muestra: \_\_\_\_\_

#### **Datos en relación al estado de salud, cuidado personal y prácticas higiénicas.**

1. ¿De cuántos miembros está conformada su familia?
2. ¿Algún miembro de la familia ha presentado vómito, diarrea, dolor abdominal, pérdida de apetito y/o náuseas en las últimas semanas?
3. ¿Cómo transporta el agua para consumo antes de ser almacenada?
4. ¿Lava sus manos siempre, al tomar el agua que tiene almacenada?
5. ¿Utiliza un recipiente limpio para tomar el agua?
6. ¿Con qué frecuencia lavan los recipientes utilizados para el almacenamiento del agua?
7. ¿Generalmente, cuánto tiempo mantiene almacenada el agua?

8. ¿Cuál ha sido el mayor lapso de tiempo que ha tenido que conservar su agua almacenada?
  
9. El agua que va a ser muestreada en este momento. ¿Cuánto tiempo ha permanecido almacenada?
  
10. ¿El agua almacenada utilizada para consumo, también es utilizada para el resto de las actividades del hogar o es almacenada de manera individual?

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## Anexo 5.

### Guía de observación de las condiciones higiénico sanitarias de las viviendas del barrio Los Marencos, San Marcos.



#### Datos generales

Fecha: \_\_\_\_\_ Código de muestra: \_\_\_\_\_

Nombre el representante del Hogar: \_\_\_\_\_ CI: \_\_\_\_\_ PH: \_\_\_\_\_

Dirección de vivienda: \_\_\_\_\_

#### Descripción general de las condiciones de índole higiénico sanitarias y parquedad de recursos económicos.

##### Tipo de piso de la vivienda

- Piso de tierra
- Cerámica
- Baldosas

##### Desechos de las heces

- letrina
- Inodoro

##### Animales en la vivienda

- Si
- No

¿Cuáles? \_\_\_\_\_

##### Tipos de recipientes utilizados para almacenar el agua de consumo humano.

- Barriles
- Pichingas
- Piletas
- Baldes
- Pilas

##### Bidones

- Estado de almacenamiento del agua de consumo. Dentro de la Vivienda
- Al Aire libre
- Tapada
- Dentro de la vivienda
- Sin tapar

**Anexo 6.**

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua**



**UNAN-Managua  
Instituto Politécnico de la Salud – POLISAL**



**FORMATO PARA MUESTRAS DE AGUA**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Código de la muestra:** \_\_\_\_\_

**Condiciones de la muestra:** Tratada , No tratada .

**En caso de "Tratada" especifique tipo de tratamiento:**

\_\_\_\_\_

**DATOS DEL MUESTREO**

**Fecha/hora de toma de muestra:** \_\_\_\_\_

**Observaciones:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Anexo 7.

FORMATO DE RESULTADOS

Código de la Muestras:			PH:			
Volumen de Mx Inoculado (ml)	Tubos (+) Prueba Presuntiva Coliformes y Totales		Tubos (+) Prueba Confirmativa Coliformes BVB		Tubos (+) Prueba Confirmativa Coliformes Fecales EC	Tubos (+) Prueba Confirmativa EC+Mug
	24hrs.	48hrs.	24hrs.	48hrs.	24hrs.	24hrs.
10 ml						
1 ml						
10 <sup>-1</sup>						
10 <sup>-2</sup>						
10 <sup>-3</sup>						
Código de Tabla:						
NMP						
Código de la Muestras:			PH:			
Volumen de Mx Inoculado (ml)	Tubos (+) Prueba Presuntiva Coliformes y Totales		Tubos (+) Prueba Confirmativa Coliformes BVB		Tubos (+) Prueba Confirmativa Coliformes Fecales EC	Tubos (+) Prueba Confirmativa EC+Mug
	24hrs.	48hrs.	24hrs.	48hrs.	24hrs.	24hrs.
10 ml						
1 ml						
10 <sup>-1</sup>						
10 <sup>-2</sup>						
10 <sup>-3</sup>						
Código de Tabla:						
NMP						
Código de la Muestras:			PH:			
Volumen de Mx Inoculado (ml)	Tubos (+) Prueba Presuntiva Coliformes y Totales		Tubos (+) Prueba Confirmativa Coliformes BVB		Tubos (+) Prueba Confirmativa Coliformes Fecales EC	Tubos (+) Prueba Confirmativa EC+Mug
	24hrs.	48hrs.	24hrs.	48hrs.	24hrs.	24hrs.
10 ml						
1 ml						
10 <sup>-1</sup>						
10 <sup>-2</sup>						
10 <sup>-3</sup>						
Código de Tabla:						
NMP						

## Anexo 8



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA



### Consentimiento informado

Estoy de acuerdo en participar en el estudio que están realizando los estudiantes de la carrera de Microbiología del POLISAL UNAN- Managua que tiene por título Análisis microbiológico del agua de consumo de la población del sector los Marencos ubicado en la comunidad Marvin Corrales municipio de San Marcos, Carazo, noviembre 2021.

El equipo de investigación me ha explicado claramente los objetivos del estudio, así como el procedimiento para la obtención de la información y la toma de la muestra del agua. Se me ha expresado que esta investigación es respaldada por el Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia y el departamento de Bioanálisis clínico y Microbiología, y que los resultados obtenidos de los análisis se manejarán con la debida ética profesional ya que cada muestra será identificada por un código para privacidad que no será conocido más que por los investigadores del estudio, posteriormente a ello los resultados serán dados a conocer al líder comunitario para que este haga las gestiones que estime conveniente en pro del bienestar comunitario. La participación es totalmente voluntaria, el muestreo carece de un valor económico para mi persona y no implica ningún gasto para mi comunidad.

Tras haber leído este escrito y escuchar la información verbal sobre el procedimiento a realizarse, y aclaración de dudas, doy libre y voluntariamente mi consentimiento para realizarse el muestro en mi hogar.

Nombre y Firma del representante del hogar:

\_\_\_\_\_

Nombre y Firma del analista: \_\_\_\_\_

## Anexo 9. Aprobación del SILAIS San Marcos

Managua, Nicaragua

Para: Dr. Ana Isabel Silva

Sus manos.

Reciba un fraternal saludo; por medio de la presente nos dirigimos a su persona para solicitarle su apoyo para la realización de nuestro estudio monográfico para optar al título de Licenciatura en Microbiología de la UNAN- Managua, el cual está basado en el análisis microbiológico de agua de consumo almacenada, la cual se pretende realizar en sectores donde el abastecimiento del agua no sea continuo, como lo es el sector Marvin Corrales ubicado en la comunidad Oscar Baltodano del Municipio de San Marcos, Carazo; esto con el motivo de determinar si el agua que se está consumiendo es inocua o si existe contaminación de origen humano o ambiental

Sin más que agregar, nos despedimos esperando su apoyo

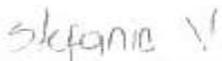
Atentamente:



Br. Molina Morales, José Isaac



Br. Rivas Navarrete, Wendy Lisbeth



Br. Velásquez Morales, Stefanie Tatiana



## Anexo 10. Imágenes de los procesos realizados



IMAGEN 1 toma de muestra

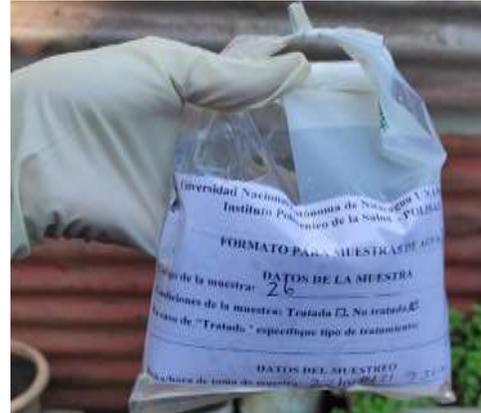


IMAGEN 2 muestra colectada



IMAGEN 4 transporte de muestras



IMAGEN 5 Recepción de muestras CNDR



IMAGEN 6 Siembra de muestras en caldo lauril doble



*IMAGEN 7 recolección de muestra del pozo*



*IMAGEN 8 clorador del pozo inhabilitado*



*IMAGEN 8 pobladores recolectando agua del pozo*



*IMAGEN 9 condiciones de recipientes donde almacenan agua de consumo*



*IMAGEN 10 transporte de recipientes de agua*



*IMAGEN 11 presencia de turbidez y gas en caldo lauril concentrado*



*IMAGEN 12 tubos positivos de caldo lauril concentrado*



*IMAGEN 15 presencia de gas y turbidez en tubos de lauril simple*



*IMAGEN 16 positividad en tubos con caldo Bilis verde brillante*



*IMAGEN 17 positividad en tubos con caldo EC*



*IMAGEN 18 lectura en lámpara UV de tubos con caldo EC+Mug*