

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA  
LICENCIATURA EN LABORATORIO CLÍNICO**



**INFORME FINAL DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:  
CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE AGUA**

**TÍTULO DE INFORME FINAL:**  
REVISIÓN DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS EN AGUAS DE POZOS EN  
LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

**PARA OPTAR GRADO ACADÉMICO DE:**  
LICENCIATURA EN LABORATORIO CLÍNICO.

**PRESENTADO POR:**  
CRUZ BARAHONA YANCY ELIZABETH N° CARNET CB20039  
CHÁVEZ RUIZ DANIEL ANTONIO N° CARNET CR20072  
CHÁVEZ DE HERNÁNDEZ YESSICA YASMIN N° CARNET CP18032

**DOCENTE ASESOR:**  
LIC. DARTHON ALEXANDER VELÁSQUEZ.

**OCTUBRE DE 2025**  
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**AUTORIDADES**



**MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA**

**RECTOR**

**DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN**

**VICERRECTORA ACADÉMICA**

**MCS. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

**LIC. PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA**

**SECRETARIO GENERAL**

**LIC. CARLOS AMILCAR SERRANO RIVERA**

**FISCAL GENERAL**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**AUTORIDADES**



**MSC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO**

**DECANO**

**DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA**

**VICEDECANA**

**LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ**

**SECRETARIO**

**DR. AMADEO ARTURO CABRERA**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE MEDICINA**

**MSC. LORENA PATRICIA PACHECO DE QUINTANILLA**

**COORDINADORA DEL PROCESO DE GRADO DE LA CARRERA DE  
LABORATORIO CLÍNICO**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecemos a Dios, por habernos permitido llegar hasta este momento tan importante de nuestras vidas. Por ser nuestra guía constante, darnos sabiduría en los momentos de duda y fortaleza en los momentos difíciles. Sin su ayuda y respaldo, este logro no habría sido posible.

Agradecemos también a nuestras familias, compañeros y amigos, quienes nos acompañaron a lo largo de este camino universitario, compartiendo aprendizajes, esfuerzos, alegrías y desafíos. Cada experiencia vivida nos permitió crecer no solo como profesionales, sino también como personas.

Extendemos nuestro sincero agradecimiento a nuestros docentes, por su entrega, paciencia y compromiso al compartir sus conocimientos. Gracias por orientarnos con dedicación y por motivarnos a alcanzar esta meta. Su apoyo y ejemplo marcaron una huella significativa en nuestra formación.

Finalmente, este trabajo representa el fruto de nuestro esfuerzo, la constancia y la unión de tres estudiantes que, con ilusión y perseverancia, pudieron llegar al final de la carrera. Este logro no solo es académico, sino también personal, y lo dedicamos con gratitud a todas las personas que creyeron en nosotros y formaron parte de este proceso.

Daniel Chávez, Yancy Barahona y Yessica Chávez

## DEDICATORIA

A Dios, con todo mi corazón, por ser la fuente inagotable de mi vida, mi fortaleza y refugio. Por ser quien ilumina mi camino cada día, brindándome sabiduría, paciencia y esperanza para seguir adelante aun en los momentos más difíciles. A Él le debo cada logro alcanzado y la oportunidad de culminar esta etapa importante en mi vida.

A mi madre, Blanca Ruiz, por su amor infinito, sus sacrificios silenciosos y su incansable esfuerzo. Gracias por ser ejemplo de entrega, dedicación y valentía, por enseñarme el valor de la perseverancia y brindarme siempre su apoyo incondicional. Cada logro mío también es para ti.

A mis amistades, por su compañía, palabras de aliento y comprensión durante este proceso. Gracias por estar presentes en los momentos de trabajo, estudio y cansancio, y por ser una fuente constante de motivación y ánimo.

A todos ustedes, mi más sincera gratitud por formar parte de este camino y contribuir a que este sueño se hiciera realidad.

Daniel Chávez

## DEDICATORIA

A Dios por haber sido mi fortaleza dándome la sabiduría y paciencia para culminar este largo camino.

A mi madre y hermana, por su apoyo incondicional, por su sacrificio, apoyo emocional y económico durante mi carrera, en especial a mi hermana quien fue mi mayor apoyo para poder seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi esposo, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible seguir adelante, especialmente por haber estado presente en los momentos más difíciles.

Yessica Chávez

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, por haberme respaldado durante estos cinco años, y por haberme dado la sabiduría y los recursos necesarios para lograr concluir mi carrera con éxito.

A mis padres, María Antonia y Alfredo Cruz Pérez ellos son mi más grande inspiración y los pilares de mi vida, agradezco su apoyo, esfuerzo y comprensión, con la cual día a día cuidan de mí y me motivaron a seguir adelante y llegar a la meta.

A mi querida abuelita por su amor incondicional, sus consejos sabios y su ejemplo de fortaleza. Gracias por acompañarme con tus oraciones, y tu cariño en cada etapa de este camino. Este logro es también tuyo, porque en cada esfuerzo y en cada paso que doy, llevo conmigo todo lo que me has enseñado: la importancia de ser humildad, la fe y el trabajo con el corazón. Con todo mi amor y gratitud, te dedico este triunfo, abuelita, porque tu presencia ha sido una bendición que iluminó mi camino hacia esta meta.

A mi hermana y a mi mejor amiga Karla Barahona.

A mis tías Saraí Hernández y Angela Serrano por su apoyo incondicional, por creer en mí y por tenderme su mano en los momentos en que más lo necesité. Gracias por su ayuda, pero sobre todo por su amor y confianza en mis sueños. Cada uno de sus gestos hizo posible que este logro se convirtiera en realidad. Este triunfo también les pertenece, porque detrás de cada meta alcanzada está su esfuerzo, generosidad y cariño. Con todo mi corazón, les dedico este logro, como muestra de mi eterna gratitud y amor.

Yancy Barahona

## ÍNDICE

<b>Resumen</b>	8
<b>Abstract</b>	9
<b>Introducción</b>	10
<b>Discusión</b>	12
El agua y su influencia en la salud pública.	12
Calidad del agua.	13
Revisión de estudios realizados sobre la calidad del agua de pozos en la ciudad de San Miguel.	14
Revisión de estudios realizados sobre la calidad del agua de pozos en zonas de El Salvador.	19
Normativas establecidas sobre la calidad del agua	24
<b>Referencias Bibliográficas</b>	29

## Resumen

El presente artículo tiene como objetivo recabar información acerca de análisis microbiológicos efectuados en muestras de aguas de pozos artesanales en la ciudad de San Miguel, los cuales son utilizadas de manera habitual por la población para consumo humano y diversas actividades domésticas. El estudio se realizó bajo un enfoque analítico y descriptivo, de esta manera se ha obtenido información de resultados de análisis microbiológico en diversos puntos de muestreo en la ciudad de San Miguel valiosa e importante, con el fin de identificar la posible presencia de microorganismos patógenos.

Los resultados evidenciaron contaminación por microorganismos que actúan como indicadores de contaminación fecal, tales como coliformes totales y *Escherichia coli*, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública de los habitantes que consumen esta agua sin tratamiento previo. Este tipo de contaminación puede estar asociado a una deficiente protección de los pozos, la infiltración de aguas residuales o la falta de mantenimiento adecuado.

Los hallazgos del estudio subrayan la necesidad urgente de implementar medidas de control sanitario, con el fin de prevenir enfermedades de origen hídricas y garantizar el acceso a agua potable segura en la ciudad de San Miguel.

**Palabras claves:** Recursos hídricos, agua de pozo, contaminación fecal, microbiología del agua, salud pública.

## **Abstract**

This scientific article aims to collect information about microbiological analyzes carried out in samples of water from artisanal wells in the city of San Miguel, which are regularly used by the population for human consumption and various domestic activities. The study was carried out under an analytical and descriptive approach, in this way information has been obtained from microbiological analysis results at various sampling points in the city of San Miguel valuable and important, in order to identify the possible presence of pathogenic microorganisms.

The results showed contamination by microorganisms that act as indicators of fecal contamination, such as total coliforms and *Escherichia coli*, which represents a significant risk to the public health of the inhabitants who consume this water without prior treatment. This type of pollution can be associated with poor well protection, wastewater infiltration or lack of proper maintenance.

The findings of the study underline the urgent need to implement health control measures, in order to prevent diseases of water origin and guarantee access to safe drinking water in the city of San Miguel.

**Keywords:** Water resources, well water, fecal contamination, water microbiology, public health.

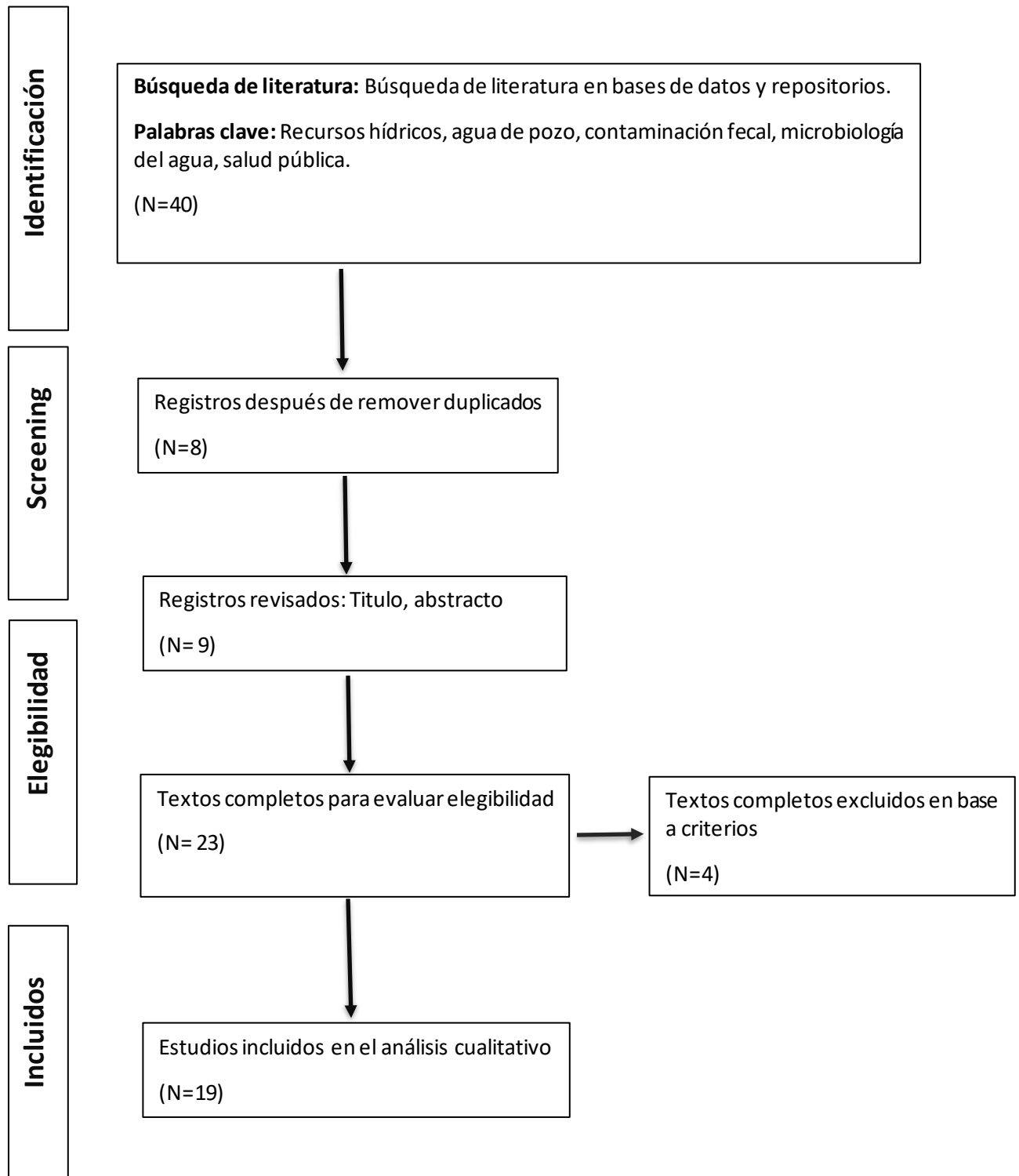
## **Introducción**

El agua es un recurso vital para la vida, esencial en la salud, alimentación e higiene. Sin agua no hay agricultura, industria y bienestar humano, pues garantiza supervivencia, crecimiento económico y equilibrio ambiental. En la ciudad de San Miguel, El Salvador, muchas comunidades dependen de pozos artesanales, ya que el acceso a redes públicas de agua es limitado o inexistente, por lo que los pozos resultan la solución más rápida y factible. Y aunque llega a ser una alternativa muy útil, este recurso no siempre es seguro, ya que estos pozos en la mayoría de casos llegan a estar contaminados con bacterias.

Por lo tanto, la evaluación microbiológica de estos pozos resulta fundamental para determinar la calidad de este tipo de agua, y así estimar el riesgo sanitario asociado, ya que estos pozos surgen por necesidad y falta de alternativas, pero representan un riesgo serio para la salud.

El agua de pozo libre de microorganismos patógenos es esencial para prevenir enfermedades gastrointestinales y proteger la salud pública, por esta razón, el presente artículo, busca recabar información sobre las características microbiológicas en aguas de pozos artesanales, en la ciudad de San Miguel, El Salvador, ya que para muchas familias constituyen la principal fuente de abastecimiento, tanto para uso doméstico, como consumo humano, por lo que su evaluación microbiológica resulta esencial para garantizar la inocuidad y seguridad sanitaria del recurso hídrico.

Se consultaron una serie de investigaciones, realizadas por diferentes Instituciones Nacionales, como de Universidades del país, donde se les dio prioridad a investigaciones realizadas en el departamento de San Miguel, como de otras zonas de El Salvador. En el siguiente diagrama se detallan las fases de identificación, selección y evaluación de las fuentes consultadas, lo que permite evidenciar la metodología aplicada en la recopilación de la información al presente artículo (Ver figura 1).

**Figura 1: Diagrama de flujo de los resultados de búsqueda de literatura.**

Fuente: Elaboración propia.

## **Discusión**

Se recopiló información sobre la evaluación microbiológica de aguas de pozo en la ciudad de San Miguel, ya que estudios previos demuestran la contaminación de estas aguas, lo que expone a su población, especialmente a la niñez y adultos mayores a un alto riesgo de enfermedades de origen hídrico.

### **El agua y su influencia en la salud pública.**

El acceso al saneamiento básico y el suministro de agua mejorado son determinantes importantes de la salud, ya que la falta de acceso y uso de instalaciones de saneamiento conducirá a la contaminación del ambiente por excretas y la exposición concomitante a patógenos (microorganismos causantes de enfermedades). Aquí se destacan las enfermedades transmisibles, responsables de gran parte de la carga de enfermedades asociadas al suministro de agua, saneamiento e higiene inadecuados. Más de 50 enfermedades infecciosas diferentes son transmitidas en las excretas (heces y orina). Los diferentes agentes causantes de enfermedades: bacterias, virus, protozoarios y helmintos, son transmitidos a través de las heces y, en un grado mucho menor, de la orina, de un individuo infectado, hasta la boca de otro individuo. La mayoría de las infecciones relacionadas con excretas se adquieren ya sea por la ingestión o inhalación de partículas suspendidas en el aire. (1)

Muchas de las enfermedades de origen fecal están entre las causas principales de enfermedad y muerte en sociedades de todo el mundo, en especial en comunidades donde la desnutrición y la pobreza son comunes. La diarrea, por ejemplo, es responsable de 1,9 millones de muertes cada año en niños menores de 5 años de edad.

Las infecciones viajan por una variedad de rutas desde el conducto rectal hasta la boca, ya sea como resultado de transmisión directa por manos contaminadas, o transmisión indirecta a través de la contaminación del agua (potable) o de (pozo), el suelo, los utensilios, los alimentos e incluso las moscas.(1)

## **Calidad del agua.**

Algunas sustancias químicas presentes en el agua, como el arsénico y el fluoruro, pueden ser perjudiciales para la salud humana, pero en los suministros de agua urbanos pueden ser eliminados por tratamiento, y su presencia en concentraciones dañinas en fuentes de agua potable rurales está limitada a áreas geográficas específicas. La calidad microbiológica del agua potable se expresa por lo normal como el número y frecuencia de ciertos organismos por litro o por 100 ml de agua. Como el recuento de todos los organismos causantes de enfermedades en el agua es demasiado costoso y toma mucho tiempo, la calidad microbiológica del agua se evalúa normalmente con base en las concentraciones de un organismo indicador. Los organismos indicadores usados en forma convencional para detectar el nivel de contaminación fecal en el agua son los coliformes fecales, en particular las Enterobacterias que pueden encontrarse en todos los animales de sangre caliente; no se multiplican en el agua y se encuentra de manera casi exclusiva en las heces. Por tanto, son un indicador ideal para la contaminación fecal del agua.

Tradicionalmente la balanza se inclinaba a las intervenciones para mejorar la calidad del agua, que al principio se centraban en el tratamiento de la fuente y últimamente en el tratamiento del agua en los hogares. El giro del tratamiento de la fuente al tratamiento del agua en el hogar se basó en estudios que han mostrado que el agua de buena calidad en la fuente se contamina en el trayecto de este, al hogar, o dentro y recipientes de almacenamiento de agua contaminados, o debido al uso de manos contaminadas para obtener agua potable de los recipientes de almacenamiento.

Para hacer frente a esta contaminación “en casa” se promovieron prácticas de almacenamiento seguras, en las que se usan recipientes de almacenamiento con tapas y/o grifos, en combinación con el tratamiento del agua en el hogar, como hervir, filtrar o clorar.

Sin embargo, actualmente hay un debate sobre los impactos en la salud de las mejoras en la calidad del agua en escenarios de bajos ingresos. El debate se centra en las afirmaciones de los defensores del tratamiento del agua en el hogar, en el

sentido de que puede reducir de manera significativa la incidencia de diarrea en ausencia de otras mejoras ambientales, en particular el saneamiento. (1)

### Revisión de estudios realizados sobre la calidad del agua de pozos en la ciudad de San Miguel.

Entre los estudios que se encontraron, esta una investigación que se realizó en una comunidad en la ciudad de San Miguel, realizada por estudiantes de Laboratorio Clínico de la Universidad de El Salvador, evidenció que el 100% de las muestras de agua analizadas resultaron positivas a bacterias entéricas, el hecho de que *Escherichia coli* se identificara como el principal contaminante (41.07%), es particularmente alarmante, ya que su presencia es indicativa de contaminación fecal (Ver tabla 1). Esto implica que los habitantes están expuestos permanentemente a enfermedades gastrointestinales, diarreicas y otras infecciones de transmisión hídrica (2).

**Tabla N°1. Determinación de la prueba completa para la identificación bacteriana de la colonia 3 de Mayo.**

<b>Género y Especie de Bacteria Entérica</b>	<b>F</b>	<b>%</b>	<b>Angulo del sector</b>
<i>Escherichia coli</i>	23	41.07	147.85°
<i>Citrobacter freundii</i>	8	14.29	51.44°
<i>Citrobacter diversus</i>	12	21.43	77.15°
<i>Enterobacter aerogenes</i>	9	16.07	57.85°
<i>Enterobacter cloacae</i>	1	1.79	6.44°
<i>Proteus vulgaris</i>	1	1.79	6.44°
<i>Pseudomona sp</i>	2	3.57	12.85°
<b>Total</b>	56	100	360°

Fuente: Estudio sobre Determinación de bacterias entéricas en aguas de pozos de la comunidad 3 de Mayo, del Departamento de San Miguel (2).

En la comunidad El Tesoro 2 ubicada en la ciudad de San Miguel, se evaluó la calidad del agua en 21 pozos, que son los que abastecen la comunidad, donde coliformes totales: se detectaron Unidades Formadoras de Colonias, de coliformes totales en todas las muestras (Ver tabla 2), coliformes fecales: sólo 1 pozo no presentó coliformes fecales; por tanto, 20 de 21 pozos dieron positivo a coliformes fecales (Ver tabla 3). *Escherichia coli*, se detectó en 6 pozos y no se detectó en 15 pozos (3).

**Tabla N°2. Unidades formadoras de colonias por mililitro de coliformes totales en agua de pozo, de la comunidad El Tesoro 2, ubicada en la ciudad de San Miguel.**

<i>No de Muestra</i>	<i>UFC/mL de Coliformes Totales</i>	<i>Valor según la NSOPCAP</i>
1	36	0.0 UFC/mL
2	220	0.0 UFC/mL
3	160	0.0 UFC/mL
4	54	0.0 UFC/mL
5	280	0.0 UFC/mL
6	120	0.0 UFC/mL
7	16	0.0 UFC/mL
8	3	0.0 UFC/mL
9	29	0.0 UFC/mL
10	22	0.0 UFC/mL
11	3	0.0 UFC/mL
12	6	0.0 UFC/mL
13	200	0.0 UFC/mL
14	12	0.0 UFC/mL
15	240	0.0 UFC/mL
16	60	0.0 UFC/mL
17	80	0.0 UFC/mL
18	280	0.0 UFC/mL
19	2	0.0 UFC/mL
20	8	0.0 UFC/mL
21	100,000,000	0.0 UFC/mL

Fuente: Estudio de la calidad del agua de pozo, y propuesta de métodos de purificación, en la comunidad El Tesoro 2 San Miguel (3).

**Tabla N°3. Unidades formadoras de colonias por mililitro de coliformes fecales en el agua de pozo, de la comunidad El Tesoro 2, ubicada en la ciudad de San Miguel.**

<i>No de Muestra</i>	<i>UFC/mL de Coliformes Fecales</i>	<i>Valor según la NSOPCAP</i>
1	1	0.0 UFC/mL
2	220	0.0 UFC/mL
3	91	0.0 UFC/mL
4	49	0.0 UFC/mL
5	240	0.0 UFC/mL
6	120	0.0 UFC/mL
7	9	0.0 UFC/mL
8	1	0.0 UFC/mL
9	12	0.0 UFC/mL
10	9	0.0 UFC/mL
11	2	0.0 UFC/mL
12	5	0.0 UFC/mL
13	9	0.0 UFC/mL
14	6	0.0 UFC/mL
15	180	0.0 UFC/mL
16	54	0.0 UFC/mL
17	58	0.0 UFC/mL
18	160	0.0 UFC/mL
19	0	0.0 UFC/mL
20	4	0.0 UFC/mL
21	100,000,000	0.0 UFC/mL

Fuente: Estudio de la calidad del agua de pozo, y propuesta de métodos de purificación, en la comunidad El Tesoro 2, San Miguel (3).

Todos los pozos analizados mostraron contaminación por coliformes totales y fecales. Los resultados correspondientes a los análisis bacteriológicos de los 4 pozos muestreados, en el Caserío El Tamarindo. En todos los pozos, el número más probable NMP/100ml es muy alto comparado con el límite máximo permisible para calidad microbiológica, por consiguiente, el agua para el consumo humano no cumple con los estándares de seguridad referidos a la calidad microbiológica del agua de La

Norma Salvadoreña Obligatoria NSO13.07.01:08 y no lo es apta para el consumo de los habitantes. (4) (Ver tabla 4)

**Tabla N°4. Resultados de análisis bacteriológicos del agua de los pozos del Caserío El Tamarindo, Cantón Las Delicias, Municipio de San Miguel.**

Nº DE MUESTRA	BACTERIAS COLIFORMES TOTALES	BACTERIAS COLIFORMES FECALES	NORMA CONACYT AGUA POTABLE 2 <sup>da</sup> ACTUALIZACION NSO 13.07.01.01:08
	TUBOS MULTIPLES	TUBOS MULTIPLES	
1	>8.0	>8.0	<1.1 NPM/100ml
2	4.6	4.6	<1.1 NPM/100ml
3	>8.0	>8.0	<1.1 NPM/100ml
4	1.1	1.1	<1.1 NPM/100ml

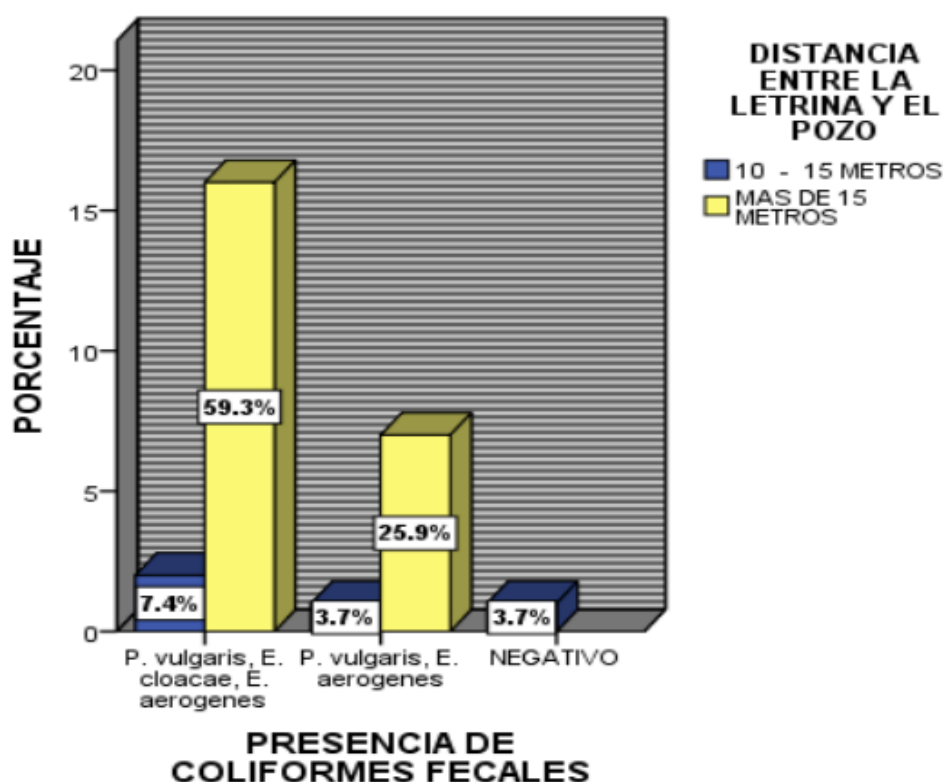
Fuente: Estudio preliminar de la calidad de agua de captación superficial para consumo humano en El Caserío El Tamarindo, Cantón Las Delicias, Municipio de San Miguel (4).

La calidad del agua de muestras de pozos en El Caserío El Tamarindo presenta deterioro debido a que no cumple con los requerimientos de calidad microbiológica ya que los resultados superan los valores permisibles de bacterias coliformes totales y fecales (4).

El agua analizada en los 27 pozos del caserío El Guayabal cantón San Antonio Chávez de San Miguel, se encontró que 26 de ellos, ósea el 96.3% estaba contaminada con coliformes fecales y totales y 19 pozos ósea el 70.4% tenía *Escherichia coli*. Y solo 1 pozo no presentó contaminación. Con un promedio de coliformes totales de 40.11 UFC, 33.25 UFC de coliformes fecales y 6.85 UFC de *Escherichia coli*.

La contaminación por coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* presente en el agua de los pozos artesanales, es independiente a la distancia mínima de 15 metros de las letrinas, establecida por la Norma Salvadoreña Obligatoria, ya que el 96.3% de los pozos analizados estaban contaminados los cuales tenían una distancia mayor a lo establecido y el 3.7% no se obtuvo contaminación, debido a que la ubicación del pozo y la letrina es la adecuada. (5) (Ver gráfica 1)

**Gráfica N°1. Presencia de coliformes fecales con relación distancia entre la letrina y el pozo.**



Fuente: Determinación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos artesanales del Caserío El Guayabal, Cantón San Antonio Chávez, Municipio y Departamento de San Miguel (5).

Se establece como criterio que la localización de la letrina con respecto a cualquier fuente de suministro de agua (pozos) dentro del predio o en predios vecinos debe ser de 15 metros como mínimo; así mismo, debe tomarse en cuenta la dirección en que corre el agua subterránea, a fin de no ubicar una letrina de hoyo modificada con dirección de la corriente hacia el pozo o fuente natural de suministro de agua, caso contrario, se debe utilizar una de las alternativas de letrina tipo abonera o solar (6).

En un estudio sobre la Determinación de Bacterias Coliformes Patógenas en el Agua de Consumo del Centro Escolar Residencial la Pradera del Cantón el Jute de la ciudad de San Miguel, los resultados establecen que de las 42 muestras de agua analizadas utilizando el método de la Placa Petrifilm, en 1 de ellas se observó colonias de *Escherichia coli*, en 3 de éstas hubo crecimiento de Coliformes Totales, mientras que en 1 se observó ambos tipos de colonias, haciendo un total de 5 muestras con crecimiento bacteriano. Sin embargo, dicho crecimiento no fue significativo, ya que según los conteos validados por la (Sociedad Americana de Químicos Analistas) éstos deben ser de 49 colonias de *Escherichia coli* y 87 colonias de coliformes totales para considerar una muestra como positiva (7).

### **Revisión de estudios realizados sobre la calidad del agua de pozos en zonas de El Salvador.**

De manera similar, en Caseríos del Departamento de La Paz se reportó la presencia recurrente de *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en todas las muestras analizadas, confirmando la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento. La investigación realizada en tres caseríos en 2022 (Los Encuentros, El Anono y El Hervedor). Permitió caracterizar la calidad del agua de seis pozos tomados al azar de 69 familias.

Los análisis demuestran altos niveles de contaminación; Desde el punto de vista microbiológico todos los pozos mostraron contaminación por coliformes totales (1.00–2,419.6 NMP/100 ml), *Escherichia coli* (menos de 1.00 hasta más de 2,419.6 NMP/100 ml) y *Pseudomonas aeruginosa* (menos de 1.00 hasta 1,119.9 NMP/100 ml). (Ver tabla 4) (8).

**Tabla N°4: Resultados obtenidos del estudio, caracterización de agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador.**

Cuadro 6. Resultados de bacterias Coliformes Totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en muestras de agua de pozo.

Parámetro	Bacterias Coliformes Totales			<i>Escherichia coli</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
Unidad	NMP*			NMP*			NMP*		
LMP	Menor a 1.1 NMP/ 100 m/L			Menor a 1.1 NMP/ 100 m/L			Menor a 1.1 NMP/ 100 m/L		
N° muestreo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Pozo 1	980.4	> 2419.6	1986.3	27.5	> 2419.6	1.0	10.8	980.4	20.5
Pozo 2	> 2419.6	1732.9	54.8	32.6	1.0	9.7	686.7	52.9	1.0
Pozo 3	> 2419.6	1119.9	> 2419.6	47.4	12.2	25.3	1119.9	19.9	47.1
Pozo 4	980.4	> 2419.6	> 2419.6	90.8	101.7	1.0	7.3	38.9	18.3
Pozo 5	209.8	4.1	135.4	44.3	< 1.0	1.0	46.5	3.1	9.5
Pozo 6	1046.2	1203.0	34.5	7.5	6.3	2.0	119.8	13.4	22.6
Bomba 1	> 2419.6	1.0	1.0	41.0	< 1.0	< 1.0	265.6	3.0	< 1.0
Bomba 2	86.0	1.0	35.4	< 1.0	< 1.0	3.1	49.5	5.1	50.6

\*Número Más Probable.

Muestreo 1: 09/2019.

Muestreo 2: 11/2019.

Muestreo 3: 01/2020.

■ Valores que no cumplen con el RTS 13.02.01:14 y RTS 13.02.02.14.

Fuente: Estudio Caracterización del agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del cantón San Francisco Amatepe, departamento de la Paz, El Salvador (8).

La investigación en Los Caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hovedor, en el departamento de La Paz, tuvo como propósito evaluar la calidad del agua utilizada por las familias de la zona. Se analizaron seis pozos seleccionados aleatoriamente entre 69 viviendas, y los resultados revelaron una marcada contaminación microbiológica.

En todas las muestras se detectó la presencia de coliformes totales, con concentraciones que superan los límites permisibles para agua destinada al consumo humano. Estos valores reflejan una deficiente protección de los pozos y posibles filtraciones de origen fecal, lo que representa un riesgo sanitario considerable para los habitantes. (8)

En la Determinación de Parámetros Microbiológicos de Agua de Pozo para el Consumo Humano en las comunidades La Arenera, San José y el progreso del municipio de Concepción Batres en el Departamento de Usulután, se recolectaron muestras de 10 pozos, tomando 3 muestras de cada pozo, totalizando 30 muestras y cada una de ellas con su respectivo duplicado, haciendo un total de 60 muestras, de las cuales 20 muestras se utilizaron para realizar los análisis microbiológicos.

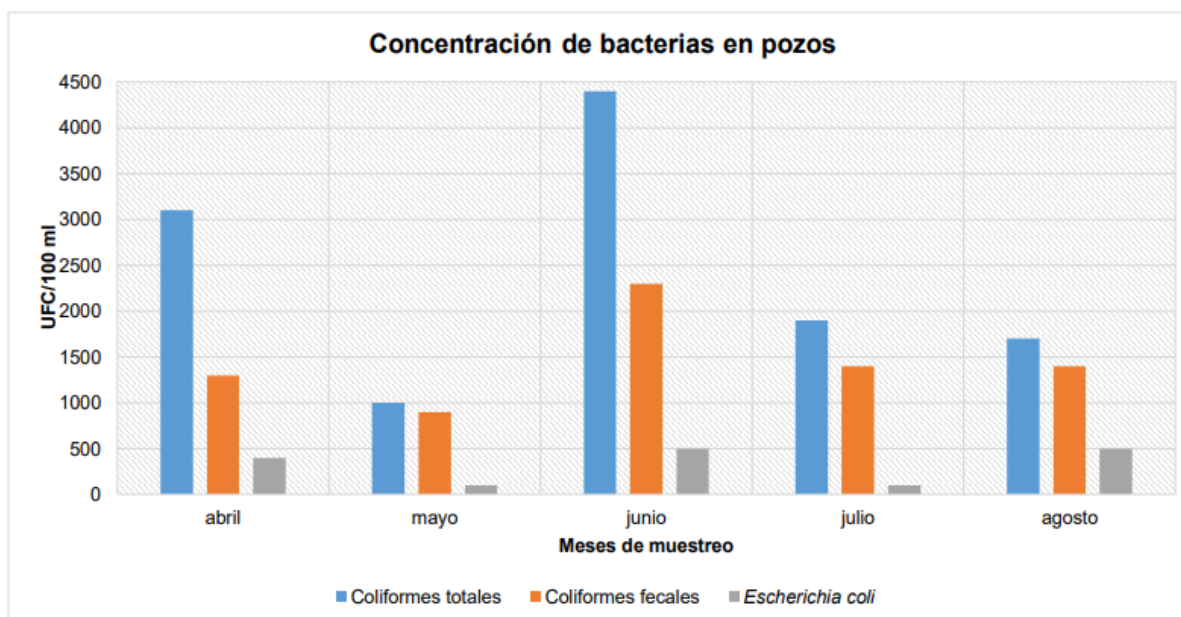
Este estudio evidenció una contaminación generalizada del agua de estos pozos, en las tres comunidades se encuentra contaminación microbiológica, principalmente por *Escherichia coli* lo que indica que los contaminantes fecales se encuentran abundantemente, esto se puede deber a la vertiente de aguas negras que se encuentra en estas comunidades, la cual contamina los mantos acuíferos (9).

En el Análisis Microbiológico del Agua de Pozos y Ríos del Municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, El Salvador, se determinó las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los pozos y ríos del municipio. Los resultados obtenidos durante el estudio antes mencionado, evidenciaron altas concentraciones de bacterias en el agua de los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad. En los pozos los puntos Carasque Los Menjivar, Las Lajitas y Huizucar El Roble fueron los que presentaron mayores concentraciones de bacterias. (ver gráfica N°2)

El agua de los pozos del municipio de Nueva Trinidad mediante el análisis microbiológico el agua no es apta para el consumo humano debido que presentó

concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* superiores a los niveles permitidos en la norma de calidad de agua potable. Los pozos que presentaron las menores concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* fueron los que se encontraban más alejados de la población, agricultura y pastoreo de ganado. Los pozos que registraron las mayores concentraciones de bacterias son los que se encuentran a la intemperie, asentamientos poblacionales y pastoreo de ganado cerca de las fuentes de agua (10)

**Gráfica N°2: Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018**

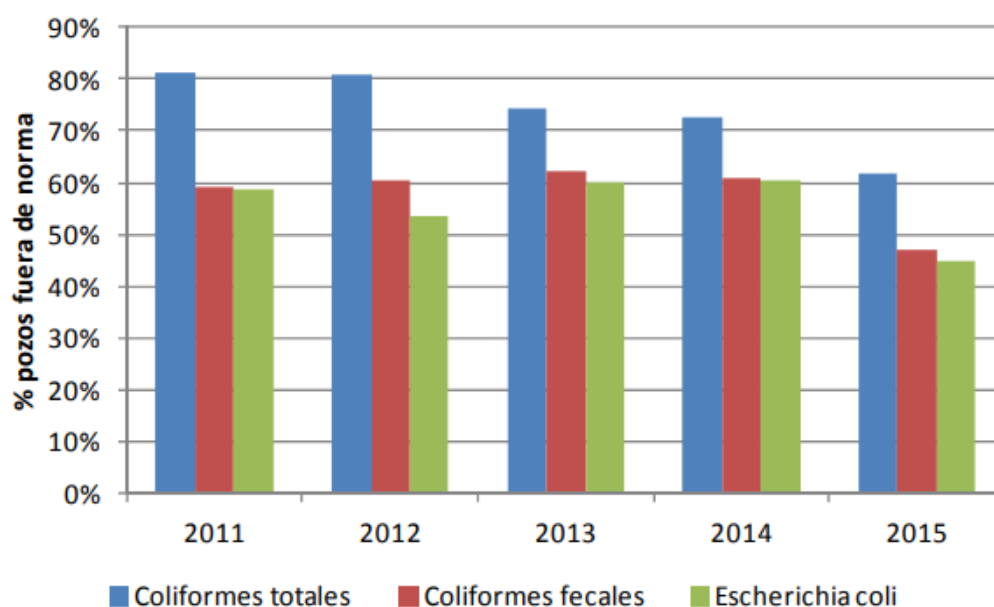


Fuente: análisis microbiológico del agua de pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, El Salvador (10).

En el 2017 se realizó en El Salvador el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, cabe recalcar que, en cuanto a la contaminación microbiológica, no se

dispone de datos que permitan realizar el análisis en lo referente a los sistemas de agua potable, tanto urbanos como rurales. Sin embargo, los datos disponibles referidos a los pozos artesanales muestran índices de contaminación alarmantes (Ver gráfica 3). Muchos de estos pozos presentan contaminación fecal, lo que vuelve a poner el foco en las necesidades de mejoras del saneamiento básico y en los hábitos de higiene. (11)

**Gráfica N°3: Distribución de pozos artesanales fuera de norma por contaminación microbiológica entre los años 2011-2015.**



Fuente: Estudio Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento de El Salvador (11).

En el estudio sobre Determinación de la Calidad Microbiológica del Agua de Consumo de las Familias Rurales (Estudio socioeconómico), se detectaron bacterias coliformes fecales y *Escherichia coli* en 61% y 52% de los casos, respectivamente. Se observó una mayor contaminación en los casos que las familias obtienen el agua de pozos (85% y 76%), seguida de ríos (79% y 69%); el menor nivel de contaminación se

observó entre los que reciben el agua por cañería, aunque siempre la incidencia es elevada (43% y 34%).

El estudio menciona que realizaron pruebas al agua de las familias que indicaron haber tratado el agua con cloro, pero que en el momento de la prueba no se detectó cloro residual, la presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli* es aún mayor que entre el promedio general (75% y 64%, respectivamente), lo que podría indicar que las familias que dan tratamiento al agua se confían de que ya están protegidos y descuidan su posterior manejo. Por lo tanto, se puede inferir que también el manejo inapropiado del agua para consumo humano por parte de las mismas familias, puede estar incidiendo en los altos grados de contaminación bacteriana encontrada en este estudio (12).

## **Normativas establecidas sobre la calidad del agua**

### **Guías para la Calidad del Agua Potable**

Los riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales. Los excrementos pueden ser fuente de distintas bacterias patógenas. Para garantizar sistemáticamente la inocuidad del agua de consumo y proteger la salud pública, debe prestarse atención especial a planes de seguridad de agua. Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades (13)

### **Agua de Consumo Humano.**

#### **Requisitos de Calidad e Inocuidad.**

Para efecto de control de la calidad e inocuidad del agua de consumo humano por parte del administrador del sistema de agua, se aceptarán análisis realizados en el

Laboratorio Nacional de Referencia o laboratorios acreditados que cuenten con acreditación para la determinación a realizar. En aquellos casos en que no se cuente con un laboratorio acreditado para una determinación solicitada, se podrá utilizar un laboratorio acreditado que cumpla con los requisitos establecidos por el organismo de acreditación pertinente (14).

### **Ley General de Recursos Hídricos.**

En dicha ley, se menciona lo siguiente: “Que el derecho a la salud y a la vida está intrínsecamente relacionado con tener garantizado el acceso al agua potable y al saneamiento, por lo que el Estado debe reconocer el derecho humano al agua y al saneamiento, en el cual todas las personas puedan disponer de agua limpia, suficiente, salubre, segura, aceptable, accesible y a un costo asequible, en cantidad, calidad, continuidad y cobertura” (15).

### **Agua Potable Norma Salvadoreña.**

Esta norma aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico. (16)

### **Norma Técnica para la Perforación de Pozos Profundos en la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.**

De acuerdo a esta ley su principal objetivo es el de “proveer y ayudar a proveer agua para el consumo humano”, la búsqueda de fuentes para abastecimiento de agua es uno de los principales problemas con que se enfrenta diariamente. (17)

### **Calidad microbiológica de agua envasada en El Salvador.**

Los microorganismos provenientes de las fuentes de agua podrían ser introducidos al agua envasada debido a un mal proceso de tratamiento o de envasado. Las bacterias propias de la fuente de agua, pueden sobrevivir y proliferar en el agua envasada por periodos largos, incluso pueden alcanzar niveles más altos que los de la fuente primaria. Estudios han demostrado que estas bacterias pueden multiplicarse durante el almacenamiento hasta niveles que pueden afectar la salud. (18)

### **Caracterización Físico Química de las Aguas Subterráneas en los Acuíferos Porosos en la Zona Costera.**

El agua subterránea es una fuente muy importante de abastecimiento de agua para diversos usos. En la zona costera del país se encuentran muchos usuarios, que no cuentan con acceso al agua potable, y suplen sus necesidades a través de pozos excavados de poca profundidad. Los acuíferos porosos en zonas costeras, por su misma naturaleza, son vulnerables a diferentes tipos de afectaciones, tales como contaminaciones generadas en el desarrollo de actividades potencialmente contaminantes. (19)

## Conclusión

La información obtenida de estudios realizados en comunidades urbanas y rurales de la ciudad de San Miguel, y en otros departamentos del país, evidenció la contaminación en aguas de pozos artesanales, principalmente bacterias entéricas, con mayor predominio de *Escherichia coli*, lo que confirma la contaminación fecal de los pozos que sirven como fuente de agua para consumo humano. Esta situación refleja un serio problema de salud pública, derivado de la falta de infraestructura básica de saneamiento y del inadecuado manejo de excretas, factores que facilitan la infiltración de aguas residuales hacia los acuíferos subterráneos.

Más allá de los datos relevantes obtenidos, el artículo muestra la conexión entre la pureza del agua y los problemas de saneamiento en la ciudad de San Miguel y otras zonas del país. Los datos obtenidos están relacionados con estudios realizados en otros municipios de San Miguel y otros departamentos, lo que corrobora que el problema de contaminación de pozos artesanales no solo es una problemática que afecta la ciudad de San Miguel, sino el reflejo de una dificultad que afecta a todo el país. Se resalta además la vulnerabilidad de la población, en especial de los niños, quienes son más propensos a padecer enfermedades gastrointestinales y sus complicaciones.

Por lo tanto, se hace indispensable implementar acciones integrales que incluyan programas de educación sanitaria, mejoras en los sistemas de saneamiento, monitoreo constante de la calidad del agua y medidas de potabilización, solo mediante estas intervenciones será posible garantizar el acceso a un recurso hídrico seguro, proteger la salud de los habitantes y contribuir al desarrollo sostenible de la población afectada.

Se concluye también que la contaminación microbiológica en los pozos de la ciudad de San Miguel, sino que también pone de manifiesto una deficiencia profunda en el acceso al agua segura y el sistema de saneamiento. La detección de bacterias en la mayoría de los pozos es una alerta crítica que exige la implementación de

medidas preventivas para asegurar un futuro sostenible para el recurso hídrico y salvaguardar la salud pública de los ciudadanos.

Finalmente, se reafirma el principio de que el acceso a agua potable no debe considerarse un privilegio, sino un derecho humano fundamental. Garantizar su cumplimiento requiere la colaboración entre instituciones, comunidad y gobierno, de modo que estudios como estos sirvan como punto de partida para políticas públicas más efectivas que protejan tanto la salud como la dignidad de la población salvadoreña.

## Referencias Bibliográficas

1. Organización Panamericana de la Salud. Agua y saneamiento: en la búsqueda de nuevos paradigmas para las Américas. [Online]. Washington, D.C.: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A de C.V.; 2012 [cited 2025 Agosto 2]. Available from: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51544/9789275116692\\_spa.pdf](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51544/9789275116692_spa.pdf).
2. Alas Cáceres DA, Guevara Ventura JE, Gutiérrez Ventura G. Determinación de bacterias entéricas en aguas de pozo de la comunidad 3 de Mayo, del departamento de San Miguel. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online]. San Miguel; 2003 [cited 2025 Agosto 3]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/7a1156db-0df2-495a-a8f8-b4aca3b40fa8/content>.
3. Jovel Campos HR, Vasquez Bonilla JO. Estudio de la calidad del agua de pozo, y propuesta de metodos de purificacion, en la comunidad El Tesoro 2, San Miguel. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online]. San Miguel, El Tesoro 2; 2011 [cited 2025 Agosto 10]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/48356dee-ae26-490a-8b77-d71683747c2a/content>.
4. Melgar Flores MY, Moya Turcios G, Polio Martínez MdC. Estudio preliminar de la calidad de agua de captación superficial para consumo humano en el caserío El Tamarindo, cantón Las Delicias, municipio de San Miguel, Año 2012. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online].; 2012 [cited 2025 Agosto 15]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/a3fbc3f8-54f8-41ee-9283-d6259d5631e3/content>.
5. Leiva Cruz, Menjivar Gómez F, Orellana Medina A. Determinación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, en el agua de los pozos artesanales del caserío el Guayabal, San Miguel. antes y después del tratamiento con hipoclorito de sodio en el periodo de julio a septiembre del año

2013. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online]. San Miguel; 2013 [cited 2025 Agosto 15]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/5475d2a3-2db7-486b-87ce-eb108d4a63cb/content>.
6. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Norma técnica sanitaria para la instalación, uso y mantenimiento de letrinas secas sin arrastre de agua. [Online]. San Salvador.; 2004 [cited 2025 Agosto 18]. Available from: [https://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/norma/Norma\\_letrinas\\_secas.pdf](https://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/norma/Norma_letrinas_secas.pdf).
  7. Chicas Cubías, Constancia Portillo M, Pacheco Ayala IM. Determinación de bacterias coliformes patógenas en el agua de consumo, del centro escolar la pradera, en la ciudad de San Miguel y viviendas aledañas a dicho centro durante el periodo de julio a septiembre de 2011. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online]. San Miguel; 2011 [cited 2025 Agosto 18]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/5f29ce26-afa0-4b03-82fe-71b0fc9aa55f/content>.
  8. Benavides Serrano M, Pineda Zaldaña E, Quintanilla D, Urrutia E. Caracterización de agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online]. San Salvador; 2022 [cited 2025 Agosto 20]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/d65c49c2-27d9-4921-ae3c-6f9fc96a0cdb/content>.
  9. Herrera Amaya PL. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aguas de pozos en comunidades La Arenera, San José y El Progreso del departamento de Usulután. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online]. San Salvador; 2012 [cited 2025 Agosto 25]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/bed2fe76-afbc-4e12-b0ac-a5188ec0f123/content>.

10. Menjivar Pineda NM. Análisis microbiológico del agua de pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango. El Salvador. [Tesis de pregrado][Repositorio UES] [Online]. Chalatenango; 2020 [cited 2025 Agosto 25]. Available from: <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/bed2fe76-afbc-4e12-b0ac-a5188ec0f123/content>.
11. ANDA. Plan nacional de agua potable y saneamiento básico de El Salvador. [Online]. San Salvador.; 2017 [cited 2025 Agosto 25]. Available from: <https://www.aecid.sv/wp-content/uploads/2018/02/RESUMEN-EJECUTIVO-PLANAPS.compressed.pdf>.
12. Beneke de Sanfeliú M. Determinación de la calidad de agua de consumo de las familias rurales: estudio socioeconómico. [Online].; 2001 [cited 2025 Agosto 28]. Available from: [https://fusades.org/publicaciones/BE187\\_calidad\\_agua\\_rural.pdf](https://fusades.org/publicaciones/BE187_calidad_agua_rural.pdf).
13. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. [Online]. Ginebra: OMS; 2006 [cited 2025 Septiembre 3]. Available from: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OMS%202006.%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20calidad%20dl%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OMS%202006.%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20calidad%20dl%20agua%20potable.pdf).
14. Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica. Agua de consumo humano, requisitos de calidad e inocuidad. [Online]. San Salvador; 2018 [cited 2025 Septiembre 3]. Available from: [https://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/reglamento/rts\\_calidad\\_e\\_inocuidad\\_d\\_el\\_agua\\_para\\_consumo\\_humano\\_v1.pdf](https://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/reglamento/rts_calidad_e_inocuidad_d_el_agua_para_consumo_humano_v1.pdf).
15. Autoridad Salvadoreña del Agua. Ley general de recursos hídricos. [Online]. San Salvador; 2022 [cited 2025 Septiembre 5]. Available from: <https://www.asa.gob.sv/ley-del-agua/>.
16. Consejo Nacional de Ciencia y tecnología. Agua. Agua potable. [Online]. San Salvador; 2006 [cited 2025 Septiembre 5]. Available from:

[https://www.oirsa.org/contenido/2017/El\\_Salvador\\_INOCUIDAD/1.%20NSO%2013%2007%2001%2004%20AGUA\\_POTABLE%20\(PRIMERA\\_ACTUALIZACION\).pdf](https://www.oirsa.org/contenido/2017/El_Salvador_INOCUIDAD/1.%20NSO%2013%2007%2001%2004%20AGUA_POTABLE%20(PRIMERA_ACTUALIZACION).pdf).

17. (ANDA), Administración Nacional de Acueductos y alcantarillados. Norma técnica para la perforación de pozos profundos. [Online]. San Salvador; 2009 [cited 2025 octubre 31]. Available from: <https://www.anda.gob.sv/anda/wp-content/uploads/2020/Descargas/perf-pozos.pdf>.
18. Quinteros E, Mejía R. Calidad microbiológica del agua envasada en El Salvador 2014-2015. [Online].; 2018 [cited 2025 Septiembre 11]. Available from: <https://camjol.info/index.php/alerta/article/view/6587/6318>.
19. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Caracterización físico química de las aguas subterráneas en los acuíferos porosos en la zona costera. [Online]. zona costera del país El Salvador.; 2018 [cited 2025 Septiembre 20]. Available from: [https://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/133/Informe\\_acu%C3%A1feros%20porosos%20en%20la%20zona%20costera%20\\_%2011%2002%2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/133/Informe_acu%C3%A1feros%20porosos%20en%20la%20zona%20costera%20_%2011%2002%2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y).