

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**EVALUACION DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE POZOS  
DE LA COLONIA LA CARMENZA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL,  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:**

KATIA SOFIA LAINEZ RAMIREZ  
WALTER MAURICIO TREJO FUENTES

**PARA OPTAR AL GRADO DE**

**LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

SEPTIEMBRE, 2012

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. REMBERTO MIXCO LÓPEZ

**COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION**

**COORDINADORA GENERAL**

LICDA. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO

**ASESORAS DE AREA DE ANALISIS MICROBIOLOGICO DE ALIMENTOS**

MSc. AMY ELIETH MORÁN RODRÍGUEZ

MSc. MARÍA EVELIN SÁNCHEZ DE RAMOS

**DOCENTE DIRECTORA**

MSc. CORALIA GONZÁLEZ DE DÍAZ

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios, por brindarnos la fuerza, salud y sabiduría para seguir adelante.
- Al Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD): por la colaboración integral y proveer el material, equipo e instalaciones para la realización de los análisis microbiológicos.
- A la Coordinadora General de Procesos de Trabajos de Graduación: Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo, y Asesoras de Área: MSc. Amy Morán Rodríguez y MSc. Evelin Sánchez de Ramos por aportar sus conocimientos y experiencia durante el desarrollo de esta investigación.
- A nuestra docente directora: MSc. Coralia González de Díaz por brindarnos su invaluable orientación y disposición para contribuir con el enriquecimiento de este trabajo de graduación.

Katia Laínez y Walter Trejo

## DEDICATORIA

- A Dios: por permitirme alcanzar esta meta brindándome la sabiduría y perseverancia para tener la plena convicción que todo lo puedo en Cristo que me fortalece.
- A mis padres: Efraín Laínez Franco Q.D.D.G y Mélida Ramírez por brindarme su amor, apoyo incondicional, consejos y por sus esfuerzos para lograr mi formación profesional y personal.
- A mi tía: Any Ramírez que a pesar de la distancia ha estado presente con sus consejos y ser un ejemplo de superación.
- A los hermanos Walter Paredes, Gloria de Paredes, Oscar Juárez, Marta de Juárez y tía Cecy vda. de Mata por sus oraciones y muestras de cariño.
- A mi compañero: Walter Trejo y a su madre por su amistad y apoyo para alcanzar esta meta.

Katia Sofía Laínez Ramírez

## DEDICATORIA

- A Dios: porque cuando yo más me aleje de él; él siempre estuvo ahí para apoyarme y mostrarme su misericordia.
- A mi mamá: María del Carmen Fuentes, para quien mis estudios siempre estuvieron antes que su salud y economía, y me brindó su apoyo incondicionalmente.
- A mis hermanos: Edwin Trejo, Carmen Fuentes y Glenda Fuentes, quienes me brindaron la oportunidad que ellos no tuvieron, y quisieron ver reflejado en mí, el sueño de toda la familia.
- A mi papá: Virgilio Trejo Ticas, de quien heredé mi carácter que no me deja darme por vencido tan fácilmente.
- A mi compañera y amiga: Katia Laínez, por su amistad, comprensión y apoyo, que fue fundamental para alcanzar nuestra meta.
- A la Sra. Mélida Ramírez por su apoyo, consejos, palabras de aliento y motivación para seguir adelante.

Walter Mauricio Trejo Fuentes

## INDICE

	Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1.0 INTRODUCCIÓN	xx
Capítulo II	
2.0 OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo General	23
2.2 Objetivos Específicos	23
Capítulo III	
3.0 MARCO TEÓRICO	25
3.1 Colonia La Carmenza	25
3.1.1. Ubicación geográfica	25
3.1.2. Hidrografía	25
3.2. Las aguas subterráneas	25
3.3. Pozos para abastecimiento de agua	29
3.3.1. Definición	29
3.3.2. Tipos	29
3.4. Prevención de la contaminación de pozos	30
3.4.1. Perímetro de Protección de Pozos (PPP)	31
3.4.2. Método de los Radios Fijos Arbitrarios	31
3.5. Condiciones higiénico sanitarias en los pozos	32
3.6. Desinfección del agua	34
3.6.1. Métodos para desinfectar el agua en el hogar	35
3.6.2. Practicas saludables en el almacenamiento y manejo del agua para tomar	37
3.7. El recurso agua en El Salvador	37

3.8. Tecnologías aplicadas para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales de El Salvador	39
3.9. Microorganismos patógenos transmitidos por el agua	41
3.10. Enfermedades relacionadas con el agua	42
3.11. Microorganismos indicadores	43
3.11.1. Bacterias aerobias	44
3.11.2. Bacterias coliformes totales	44
3.11.3. Grupo coliforme fecal o termotolerantes	45
3.11.4. <b><i>Escherichia coli</i></b>	45
3.11.5. <b><i>Pseudomona aeruginosa</i></b>	46
3.12. METODOS DE ANÁLISIS	46
3.12.1. Número más probable (NMP)	46
3.12.2. Recuento de bacterias heterotróficas totales	47
3.12.3. Prueba de sustrato enzimático	47
3.12.4. Pruebas bioquímicas	48
3.12.4.1. Prueba de la Catalasa	48
3.12.4.2. Prueba de la Oxidasa	49
3.12.4.3. Prueba de Indol	49
3.12.4.4. Prueba de Movilidad	49
3.12.4.5. Prueba de Rojo de metilo y Voges-Proskauer	50
3.12.4.6. Prueba de Citrato	51
3.12.4.7. Prueba de Triple-Azúcar-Hierro y Sulfuro de hidrógeno (TSI y H <sub>2</sub> S)	51
 Capítulo IV	
4.0 DISEÑO METODOLÓGICO	53
4.1. Tipo de estudio	53
4.2. Investigación bibliográfica	53
4.3. Investigación de campo	54



4.4. Universo y muestra	54
4.4.1. Cálculo del tamaño de la muestra	54
4.4.2. Tipo de muestreo	57
4.5. Inspección higiénico-sanitaria	58
4.6. Toma de muestras	59
4.6.1. Toma de muestra de pozos con bomba	59
4.6.2. Toma de muestra de pozos sin bomba	59
4.7. Análisis microbiológico	61
4.7.1. Preparación de la muestra y sus diluciones	61
4.7.2. Recuento de Bacterias Mesófilas Aerobias	62
4.7.3. Determinación de Coliformes Totales	63
4.7.4. Determinación de Coliformes Fecales	64
4.7.5. Determinación de <b><i>Escherichia coli</i></b>	64
4.7.5. Determinación de <b><i>Pseudomona aeruginosa</i></b>	65
4.7.5.1. Prueba de la Catalasa	66
4.7.5.2. Prueba de la Oxidasa	66
4.7.5.3. Prueba de Indol	66
4.7.5.4. Prueba de Movilidad	67
4.7.5.5. Prueba de Voges-Proskauer	67
4.7.5.6. Prueba de Rojo de metilo	67
4.7.5.7. Prueba de Citrato	68
4.7.5.8. Prueba de Triple-Azúcar-Hierro y Sulfuro de hidrógeno (TSI y H <sub>2</sub> S)	68
4.8. Charla educativa	68
 Capítulo V	
5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
5.1. Inspección higiénico-sanitaria	71
5.2. Análisis microbiológicos	75

5.3. Charla educativa	90
5.4. Entrega de resultados	91
Capítulo VI	
6.0 CONCLUSIONES	93
Capítulo VII	
7.0 RECOMENDACIONES	96

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

ANEXOS

## INDICE DE ANEXOS

### ANEXO N°

1. Reporte epidemiológico: 10 primeras causas de morbilidad en el año 2010 en el menor de 5 años en la Unidad de Salud El Zamorán de San Miguel.
2. Incidencia de gastroenteritis agudas 2009-2010 en la unidad de salud El Zamorán de San Miguel.
3. Incidencia de gastroenteritis agudas 2010-2011 en la unidad de salud El Zamorán de San Miguel.
4. Actividades restringidas en los perímetros de protección de pozos.
5. Principales bacterias transmitidas por el agua.
6. Principales enfermedades transmitidas por el agua.
7. Áreas bajo la curva normal estándar.
8. Ubicación geográfica de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.
9. Ubicación geográfica de los pozos y estratos de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.
10. Pozos seleccionados de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel
11. Guía de inspección higiénico-sanitaria de pozos.
12. Toma de muestra de agua de pozos para análisis microbiológico.
13. Pruebas microbiológicas para la determinación de los indicadores de contaminación microbiana: bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia coli*** y ***Pseudomona aeruginosa*** <sup>(2)</sup>.
14. Índice de NMP y límites de confianza del 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos, cuando son utilizadas 5 porciones de 10 mL, 5 porciones de 1 mL y 5 porciones de 0,1 mL de muestra.

15. Pruebas bioquímicas para determinación de ***Pseudomona aeruginosa***.
16. Lectura e interpretaciones de resultados en agar triple azúcar hierro.
17. Límites máximos permisibles para calidad microbiológica para agua potable.
18. Esquema metodológico de la charla educativa.
19. Charla educativa impartida a la población de la colonia La Carmenza.
20. Lista de asistencia a charla educativa impartida a la población de la colonia La Carmenza.
21. Carta de entrega de informe de resultados a la alcaldía municipal de San Miguel.
22. Carta de entrega de informe de resultados a la Unidad de Salud el Zamorán de San Miguel.
23. Informe de resultados de la inspección higiénico sanitaria y de los análisis microbiológicos realizados a muestras de agua de pozo durante los meses de julio y noviembre del año 2011.

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	Pág.
1. Tipos de acuíferos.	26
2. Construcción y diseño de pozos: a) correcto y b) incorrecto.	28
3. Ubicación correcta de pozos.	29
12. Toma de muestra de agua en pozo con bomba.	60
13. Toma de muestra de agua en pozo sin bomba.	60
14. Viñeta para Identificación de Muestras.	61
15. Frascos de dilución con 90 mL de agua peptonada 0.1%.	62
16. Recuento de bacterias mesófilas aerobias en muestras de agua de pozos utilizando agar plate count.	62
17. Determinación de coliformes totales en muestras de agua de pozos utilizando caldo Rapid HiColiform.	63
18. Determinación de coliformes fecales en muestras de agua de pozos utilizando caldo EC con campana Durham.	64
19. Presencia de <i>E. coli</i> en muestras de agua de pozos utilizando caldo Rapid HiColiform: (a) fluorescencia azul brillante y (b) formación de anillo color rojo cereza.	65
20. Presencia de <i>Pseudomona aeruginosa</i> en agar Cetrimide.	66
22. Resultados de la inspección higiénico-sanitaria.	72
23. Presencia de basurales en las cercanías de los pozos.	74
24. Tapadera de pozos no adecuada.	74
25. Distancia no adecuada entre la letrina y el pozo.	75
26. Presencia de animales en las cercanías de los pozos.	75
27. Pozo sin reborde de protección.	76
28. Resultados del parámetro bacterias coliformes totales (época lluviosa vs época seca).	78

29. Resultados del parámetro bacterias coliformes fecales (época lluviosa vs época seca).	81
30. Resultados del parámetro <b><i>Escherichia coli</i></b> (época lluviosa vs época seca).	83
31. Resultados del parámetro bacterias mesófilas aerobias (época lluviosa vs época seca).	85
32. Resultados del parámetro <b><i>Pseudomona aeruginosa</i></b> (época lluviosa vs época seca).	87
33. Resultados de la calidad microbiológica del agua de pozos (época lluviosa vs época seca).	91

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	Pág.
1. Regiones Hidrográficas en El Salvador	37
4. Resultados de la guía de inspección higiénico-sanitaria.	72
5. Resultados del parámetro bacterias coliformes totales (época lluviosa)	77
6. Resultados del parámetro bacterias coliformes totales (época seca)	78
7. Resultados del parámetro bacterias coliformes fecales (época lluviosa)	79
8. Resultados del parámetro bacterias coliformes fecales (época seca)	80
9. Resultados del parámetro <i>Escherichia coli</i> (época lluviosa)	81
10. Resultados del parámetro <i>Escherichia coli</i> (época seca)	82
11. Resultados del parámetro bacterias mesófilas aerobias (época lluviosa)	84
12. Resultados del parámetro bacterias mesófilas aerobias (época seca)	84
13. Resultados del parámetro <i>Pseudomona aeruginosa</i> (época lluviosa)	86
14. Resultados del parámetro <i>Pseudomona aeruginosa</i> (época seca)	87
15. Resumen de resultados de los parámetros determinados (época lluviosa)	89
16. Resumen de resultados de los parámetros determinados (época seca)	90

## ABREVIATURAS

- **APHA:** American Public Health Association.
- **CENSALUD:** Centro de Investigación y Desarrollo en Salud.
- **FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- **FUSADES:** Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social.
- **NMP:** Número más probable.
- **NSO:** Norma Salvadoreña Obligatoria.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **OPS:** Organización Panamericana de la Salud.
- **SNET:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales.
- **UFC:** Unidades Formadoras de Colonias.
- **UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- **UNICEF:** Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.



## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el fin de evaluar la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.

Inicialmente se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado, seleccionando al azar 18 pozos de agua de un total de 288; los cuales fueron estudiados durante la época lluviosa (Julio) y época seca (Noviembre) del año 2011.

Posteriormente se realizó una inspección higiénico-sanitaria de los pozos y del lugar de muestreo para identificar los factores que contribuyen a la contaminación microbiana del agua de pozos, utilizando para ello una guía de inspección. Encontrándose que, los factores que mas contribuyen a la contaminación del agua de pozos son: la presencia de algas en las paredes (88.89 %); la presencia de basurales en las cercanías de los pozos (77.78 %); las aguas residuales y encharcamientos (72.72%); y la ausencia de una tapadera adecuada en los pozos (72.22%).

Asimismo, se realizaron los análisis microbiológicos respectivos de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia Coli*** y ***Pseudomona aeruginosa***, tomando como referencia lo establecido por la American Public Health Association (APHA) y comparando los resultados obtenidos con la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable.

Los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de Aguas del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador. Encontrándose que, tanto en época lluviosa como en época seca, el 100 % de las muestras analizadas no cumplen con lo especificado en la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable.

Por lo cual, el agua de pozos de la colonia La Carmenza no es apta para el consumo humano y representa un riesgo a la salud de la población debido a la presencia de ***Escherichia coli*** y ***Pseudomona aeruginosa***.

En base a los resultados obtenidos, se impartió una charla educativa a la población en estudio, dándoles a conocer las condiciones higiénicas sanitarias que deben de mantener en los pozos; los métodos que pueden utilizar para desinfectar el agua en el hogar; las condiciones de almacenamiento y manejo adecuado del agua.

Se recomienda mantener las condiciones higiénico-sanitarias adecuadas en los pozos y sus alrededores tales como tapar y proteger el pozo, conservar una distancia mínima de 15 m. entre el pozo y la letrina, evitar la presencia de basura, animales y aguas residuales; gestionar la implementación de un programa de control y vigilancia de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de pozos; implementar un sistema de recolección, manejo y disposición final adecuada de la basura; gestionar con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) o una Organización No Gubernamental (ONG) la implementación de un sistema de alcantarillado; lo cual, garantice la ausencia total de factores de contaminación microbiana y evitar riesgos a la salud de la población.

## **I. INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los riesgos vinculados al deterioro de la calidad y escasez del agua son muchos; entre ellos la transmisión de organismos patógenos capaces de causar enfermedades tales como: disentería, cólera, hepatitis A, fiebre tifoidea, entre otras.

El peligro más común con relación al agua es la contaminación, directa o indirectamente, debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales.

Diversos estudios internacionales y nacionales sobre el agua potable han demostrado que el déficit de cobertura y la mala calidad son la causa de muertes y enfermedades, siendo la población rural la más afectada.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel; ya que esta agua es utilizada por la mayoría de los habitantes de la colonia para el desarrollo de diversas actividades tales como: consumo, preparación de alimentos y bebidas, limpieza e higiene personal, y en la mayoría de actividades domésticas habituales.

Se realizó una inspección higiénico-sanitaria de los pozos y del lugar de muestreo para identificar los factores que contribuyen a la contaminación microbiana del agua de pozos, utilizando para ello una guía de inspección. Asimismo, se realizaron los análisis microbiológicos respectivos de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia Coli*** y ***Pseudomona aeruginosa***, tomando como referencia lo establecido por la

American Public Health Association (APHA) y comparando los resultados obtenidos con la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable.

Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio Microbiología de Aguas del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador.

En base a los resultados obtenidos, se impartió una charla educativa a la población en estudio, dándoles a conocer las condiciones higiénicas sanitarias que deben de mantener en los pozos; los métodos que pueden utilizar para desinfectar el agua en el hogar; las condiciones de almacenamiento y manejo adecuado del agua.

El estudio se realizó entre los meses de Julio y Noviembre del año 2011. Se analizaron 2 muestras de cada uno de los 18 pozos seleccionados; una muestra en época lluviosa (Julio) y la otra en época seca (Noviembre).

## **II. OBJETIVOS**

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.2.1. Identificar los factores que contribuyen a la contaminación microbiana del agua de pozos mediante una guía de inspección higiénico-sanitaria.

2.2.2. Determinar los indicadores de contaminación microbiana: bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia coli*** y ***Pseudomona aeruginosa***.

2.2.3. Comparar los resultados obtenidos con los límites especificados por la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable.

2.2.4. Impartir una charla educativa a la población en estudio, acerca de las condiciones higiénicas sanitarias que se deben de mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua.

2.2.5. Proporcionar los resultados obtenidos a las autoridades de la Unidad de Salud El Zamorán y Alcaldía Municipal de San Miguel para que tomen las medidas necesarias al respecto.

### **III. MARCO TEORICO**



### **3.0 MARCO TEORICO**

#### **3.1. COLONIA LA CARMENZA**

##### **3.1.1. Ubicación geográfica**

La colonia La Carmenza, pertenece al cantón Hato Nuevo del municipio de San Miguel, departamento de San Miguel. Se localiza entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°30'08.31" N y 88°09'16.23" O, con una elevación de 105 metros sobre el nivel del mar (Véase Anexo N° 8). Posee una población aproximada de 1328 habitantes. <sup>(1)</sup>

##### **3.1.2. Hidrografía**

Del área total del departamento de San Miguel, una parte es ocupada por la cuenca hidrográfica del río Grande de San Miguel, que es la segunda cuenca importante del país y que comprende la parte centro y sur del departamento. Los principales ríos que bañan el municipio de San Miguel son El Torola y Sesori al norte; Río Grande de San Miguel al sur <sup>(2)</sup>. De los cuales, solo el Río Grande baña la colonia La Carmenza mediante uno de sus afluentes al sur.

#### **3.2. LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración en el terreno de las aguas lluvias o de lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos. <sup>(4)</sup>

Los acuíferos desempeñan un papel fundamental tanto como conductores de las aguas desde sus zona de recarga hasta lagos, ríos, manantiales, pantanos, captaciones construidas por el hombre y como almacenadores de estos recursos que posteriormente pueden ser aprovechados para satisfacer las necesidades de abastecimiento de sus usuarios. <sup>(4)</sup>

Existen básicamente dos diferentes tipos de acuíferos:

### - Acuíferos libres

Son generalmente someros, donde el agua se encuentra relleno por acción de la gravedad. La superficie hasta donde llega el agua es denominada superficie freática y en los pozos es conocida como nivel freático.

(Figura N°1) <sup>(4)</sup>

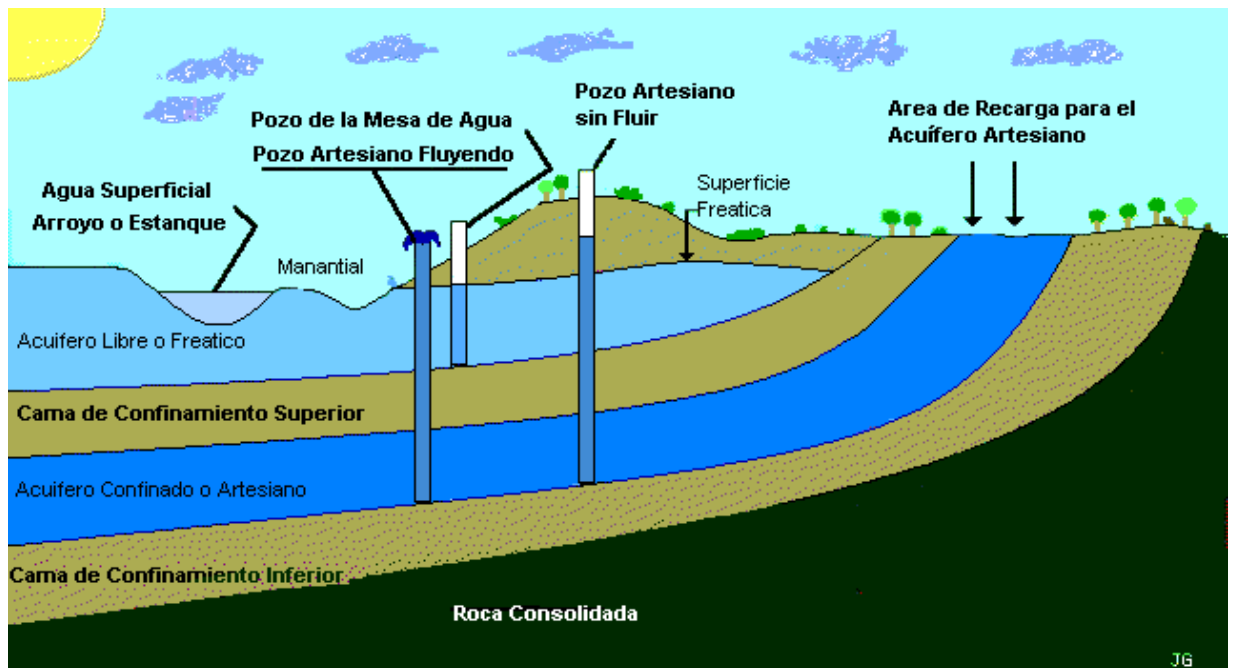


Figura N° 1. Tipos de acuíferos. <sup>(4)</sup>

### - Acuíferos confinados

En estos acuíferos el agua se encuentra a presión entre capas impermeables, de modo que si se extrae agua no queda ningún poro vacío, sólo se disminuye la presión del agua que colabora con la sustentación de todos los materiales, pudiendo en casos extremos, llegar a producirse asentamientos del terreno. La superficie virtual que se formaría si se perforaran infinitos pozos en el acuífero

confinado se denomina superficie piezométrica y dentro de un pozo es conocida como nivel piezométrico. <sup>(4)</sup>

Existen también otros acuíferos denominados semiconfinados cuando las capas que lo limitan son de muy poco espesor o semipermeables. <sup>(4)</sup>

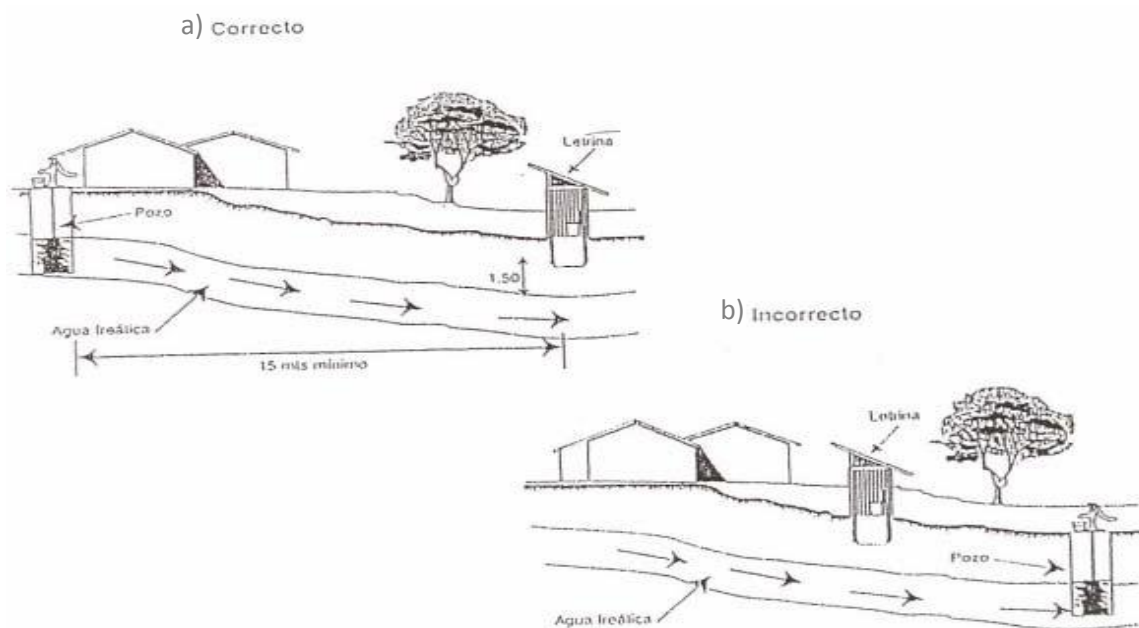
Los acuíferos son explotados a través de varios tipos de captaciones, entre las cuales las más comunes son: <sup>(4)</sup>

- **Pozos profundos**, perforados a través de muchas técnicas y que generalmente requieren de grandes equipos de perforación. Superficie Piezométrica.
- **Aljibes**, que son pozos poco profundos generalmente excavados a mano y algunas veces revestidos en piedra, ladrillo o cemento.
- **Manantiales**, que son exposiciones naturales de las aguas subterráneas en superficie y que son aprovechados directamente, sin necesidad de grandes obras.

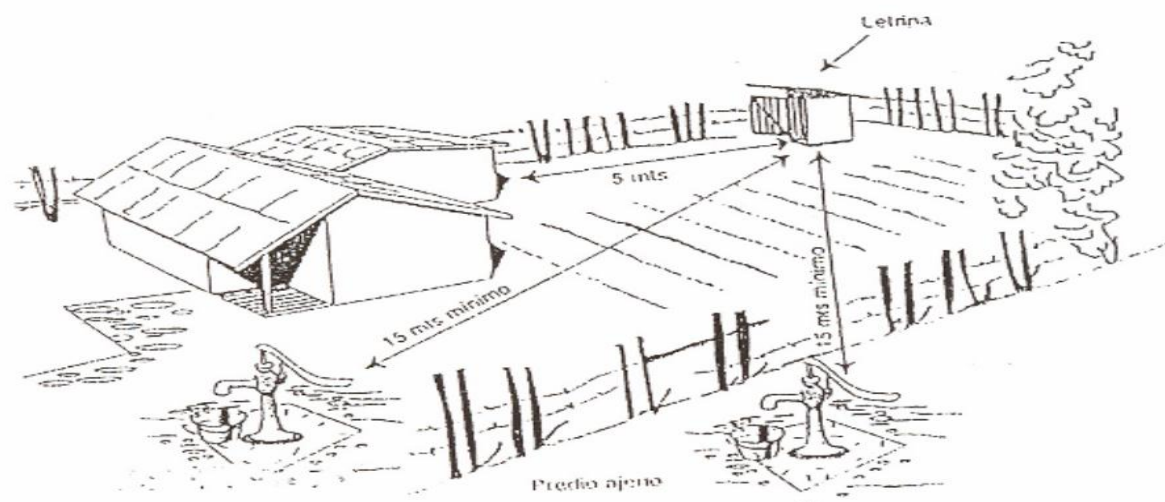
La elección de alguna de estas formas de acceder a los acuíferos dependerá tanto de las características hidrogeológicas de la zona en particular, como de las necesidades de abastecimiento de agua y de las condiciones socioeconómicas de la región. <sup>(4)</sup>

Las aguas subterráneas son frecuentemente menos vulnerables a la influencia directa de las fuentes de contaminación, debido a los efectos de barrera que ejercen el terreno que las recubre y su zona vadosa. La contaminación de las aguas subterráneas es más frecuente en los lugares en los que han sido

alteradas estas barreras protectoras, permitiendo la contaminación directa, por ejemplo a través de pozos contaminados o abandonados, o por fuentes de contaminación subterráneas, como letrinas y conducciones de alcantarillado. No obstante, varios estudios han mostrado la presencia de agentes patógenos y microorganismos indicadores en aguas subterráneas, incluso en profundidad y en ausencia de circunstancias de peligro como las mencionadas, sobre todo cuando la contaminación superficial es intensa, por ejemplo por el abonado de tierras con estiércol o la presencia de otras fuentes de materia fecal derivadas de la ganadería intensiva. Los efectos de estas fuentes de contaminación pueden reducirse en gran medida mediante, por ejemplo, medidas de protección de los acuíferos, y la construcción y diseño correctos de pozos (Figura N°2 y N°3) (4).



**Figura N° 2. Construcción y diseño de pozos: a) correcto y b) incorrecto.** (4)



**Figura N° 3. Ubicación correcta de pozos.** <sup>(4)</sup>

### 3.3. POZOS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA

#### 3.3.1. Definición

Un pozo para abastecimiento de agua es un hueco profundizado en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de aguas subterráneas. <sup>(4)</sup>

#### 3.3.2. Tipos

Los pozos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el método de construcción.

##### - Pozo excavado

Aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena. Son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

<sup>(4)</sup>

##### - Pozo taladrado

Aquel en que la excavación se hace por medio de taladros rotatorios, ya sean manuales o impulsados por fuerza motriz. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo. <sup>(4)</sup>

- Pozo a chorro

Aquel en que la excavación se hace mediante un chorro de agua a alta velocidad. El chorro afloja el material sobre el cual actúa y lo hace rebalsar fuera del hueco. <sup>(4)</sup>

- Pozo clavado

Aquel que se construye clavando una rejilla con punta, llamada puntera. A medida que esta se clava en el terreno, se agregan tubos o secciones de tubos enroscados. Son de pequeño diámetro. <sup>(4)</sup>

- Pozo perforado

La excavación se hace mediante sistemas de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar. <sup>(4)</sup>

Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares, que pueden ser, la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de almacenamiento, facilidad de penetración o facilidad de protección contra la contaminación. <sup>(4)</sup>

### **3.4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE POZOS**

Una de las formas más antiguas de proteger las aguas subterráneas de la contaminación indeseada, es la restricción de ciertas actividades y del uso del terreno en la zona que circunda una fuente de captación de estos recursos hídricos. <sup>(20)</sup>

Estas zonas buscan en verdad proteger el área que alimenta directamente al pozo, es decir “Zona de Captura”, que es función tanto de las condiciones hidrogeológicas del acuífero, como de los caudales bombeados por los pozos.

(20)

#### **3.4.1. Perímetro de Protección de Pozos (PPP)**

Existen muchas metodologías para el trazado de los perímetros de protección de pozos, que van desde restricciones en áreas de radios fijos trazados de forma arbitraria hasta la utilización de complejos modelos matemáticos o numéricos. (20)

Cuanto no se dispongan de datos hidrogeológicos suficientes para optar por un método más acertado para el trazado de los PPP, podría utilizarse el método de los radios fijos arbitrarios. (20)

#### **3.4.2. Método de los Radios Fijos Arbitrarios**

En este método se restringen actividades en 3 zonas, una inmediata, o sea, la más cercana al pozo, una próxima y una lejana, de la siguiente forma:

##### **- Zona Inmediata**

Corresponde a una zona con un radio no menor a 30 m. a partir del pozo, en la cual no se debe permitir ninguna actividad que no esté relacionada con la operación del mismo. Esta es la zona de máxima protección. (20)

##### **- Zona Próxima**

Esta zona tiene como objetivo proteger al acuífero de cualquier contaminación microbiológica. Su trazado está basado en distancias equivalentes a un tiempo de tránsito horizontal entre el radio externo de la zona y el pozo, que varía entre 10 y 400 días, sin embargo, según investigaciones realizadas en áreas con

comprobada contaminación por patógenos, es aceptable un tiempo de tránsito de 50 días. <sup>(20)</sup>

Esta zona puede tener un radio que varía generalmente entre 50 y 300 m, dependiendo de las condiciones hidrogeológicas, del espesor de la zona no saturada y del caudal de bombeo del pozo. Pueden admitir en la zona actividades controladas y el paso de vehículos y personas debe ser restringido.

<sup>(20)</sup>

#### - **Zona Lejana**

Esta zona tiene como objetivo ejercer un control diferencial de las fuentes puntuales y difusas de contaminación. No existen criterios claros para su definición debido a la existencia de diferentes tipos de contaminantes (degradantes y persistentes). Una opción de trazado sería una distancia equivalente a un tiempo de tránsito una orden de magnitud superior al utilizado para la zona intermedia. <sup>(20)</sup>

Esta zona suele tener un radio de varios centenares de metros, hasta más de 1km. <sup>(20)</sup>

Una lista detallada de todas las actividades que deben ser restringidas en cada una de estas zonas de protección, incluyendo la zona de recarga es presentada en Anexo N° 4. <sup>(20)</sup>

### **3.5. CONDICIONES HIGIENICO SANITARIAS EN LOS POZOS.**

Se pueden tomar las siguientes medidas preventivas para asegurarse de la buena calidad del agua. <sup>(5)</sup>

- **Mantener siempre tapado y protegido el pozo:** Si la fuente de agua lo permite, asegurarse de que siempre esté tapada y protegida para evitar



la introducción de elementos que contaminan el agua, por ejemplo, insectos, polvo, animales, heces, etc. <sup>(5)</sup>

El pozo debe tener un reborde de protección y un revestimiento interno, es importante vigilar constantemente el estado del pozo para detectar posibles daños. <sup>(5)</sup>

- **Mantener limpio el lugar donde se recolecta el agua:** Una fuente de agua en mal estado puede convertirse en un foco de contaminación tanto por el agua sucia dentro de ella, como por la suciedad que la rodea. <sup>(5)</sup>

Barrer diariamente para evitar basura cerca del pozo y los alrededores. Para evitar que en los alrededores del pozo haya lodo, se deben limpiar los desagües en forma regular para que las aguas drenen adecuadamente. <sup>(5)</sup>

- **Mantener los animales alejados del pozo:** Construyendo una cerca alrededor se evita que los animales contaminen el agua y que dañen la infraestructura del pozo. <sup>(5)</sup>
- **Transportar el agua correctamente:** Antes de recolectar el agua lavar bien los recipientes; lavarse las manos y transportar el agua en recipientes con tapadera. <sup>(5)</sup>
- **Mantener y sembrar árboles:** Se debe evitar cortar los árboles de los alrededores del pozo, ya que sus ramas proyectan sombra sobre la fuente del agua y así reducen su evaporación. La vegetación en general, además de prevenir la erosión de la tierra, facilita la penetración del agua en el suelo. <sup>(5)</sup>

- **Bañarse y lavar la ropa en un lugar retirado:** Idealmente cada vivienda debe tener un lugar especial para la higiene personal. En cuanto al lavado de ropa, si no es posible hacerlo en la pila del hogar, la comunidad debe construir instalaciones públicas. <sup>(5)</sup>
- **Cuidar la fuente de agua de productos químicos:** Se debe evitar el uso de pesticidas y abonos químicos en los cultivos que quedan cerca de la fuente de agua. Tampoco se deben almacenar productos químicos a menos de 50 metros de la fuente para evitar la infiltración de elementos tóxicos en el agua. <sup>(5)</sup>
- **Usar bien la letrina:** Las heces que se deja al aire libre puede llegar a contaminar el agua, causando diarreas e infecciones parasitarias a las personas que la consuman. El buen uso de la letrina impide que los microorganismos de las heces lleguen a contaminar el agua. Hay que tener en cuenta, por el riesgo de infiltración, que una letrina de fosa no debe construirse en lugares donde existan pozos a menos de 15 metros de distancia. <sup>(5)</sup>

### 3.6. DESINFECCIÓN DEL AGUA

La desinfección del agua destinada al consumo humano y uso doméstico asegura la inactivación de los agentes patógenos que la contaminan. <sup>(19)</sup>

De forma general, para conseguir una desinfección efectiva del agua es necesario examinar previamente las condiciones físicas de esta ya que los desinfectantes son menos eficaces cuando se aplican en el agua turbia. <sup>(19)</sup>

Por ello, es necesario filtrar el agua turbia o con color con paños limpios o dejarla reposar para que los sedimentos se depositen y luego extraer el agua para desinfectarla. <sup>(19)</sup>

A continuación se describen métodos sencillos y efectivos para desinfectar el agua en el hogar.

### **3.6.1. Métodos para desinfectar el agua en el hogar:**

- Ebullición.
- Cloración.
- Puriagua.
- SODIS.

#### **Ebullición:** <sup>(19)</sup>

- Llenar el recipiente limpio con agua clara.
- Poner el recipiente al fuego. Cuando aparezcan burbujas dejar hirviendo el agua por 4 minutos más.
- Tapar el recipiente y dejar enfriar.
- Vaciar directamente el agua hervida del recipiente a un vaso o taza limpia.
- Tomar el agua hervida siempre utilizando un vaso o taza limpia.

#### **Cloración:** <sup>(14)</sup>

##### **Preparación de la solución madre**

- Vaciar una cucharadita de cloro en una botella color ámbar de un litro.
- Llenar la botella con agua.
- Agitar la botella por 30 segundos.
- Dejar reposar la solución madre por 30 minutos.

### Cuadro N° 2. ¿Cómo usar la solución madre?

Cantidad de agua a desinfectar	Cantidad de solución madre a utilizar
1 litro de agua	3 gotas
1 galón de agua	11 gotas
Un cántaro de agua de 20 botellas	Media cucharadita
Un barril de 200 litros de agua	2 cucharadas soperas
Un tanque de 1 mt <sup>3</sup>	10 cucharadas soperas

### Puriagua: <sup>(14)</sup>

PURIAGUA es una solución de hipoclorito de sodio producida por electrólisis en las Unidades de Salud, generalmente en una concentración de 0.5mg/l.

Recomendaciones para el uso del PURIAGUA:

- Utilizar el tapón del frasco de PURIAGUA para las dosis.
- Dejar el PURIAGUA fuera del alcance de los niños.
- No consumir el PURIAGUA puro.

### Cuadro N° 3. Uso del PURIAGUA

Cantidad de agua a desinfectar	Cantidad de PURIAGUA a utilizar
1 litro de agua	8 gotas
1 cántaro de 16 a 21 botellas	1 tapón
1 cántaro de 26 a 36 botellas	1 ½ tapón

### Método SODIS: <sup>(11)</sup>

- Usar botellas limpias de plástico de no más de 2,5 litros.
- Llenar las botellas con agua clara y tapar bien.
- Colocar las botellas a cielo abierto de forma inclinada; en días soleados se deja 6 horas, si esta nublado se deja por 2 días.
- Antes de consumir el agua dejarla enfriar en la mismas botellas.
- Guardar el agua en las mismas botellas sin cambiar envase.

### 3.6.2. Practicas saludables en el almacenamiento y manejo del agua para tomar <sup>(6)</sup>

- Lavar bien los recipientes para almacenar y servir el agua potable.
- Lavarse las manos antes de depositar el agua tratada en el recipiente de almacenamiento.
- Evitar tocar el agua con las manos al llenar el recipiente.
- Mantener siempre tapados los recipientes para el agua potable.
- Almacenar el recipiente del agua potable en un lugar limpio y elevado.
- Tomar siempre el agua en vasos limpios.
- Evitar tocar el agua con las manos al momento de servirla.

### 3.7. EL RECURSO AGUA EN EL SALVADOR

En El Salvador hay aproximadamente 360 ríos, distribuidos en 10 regiones hidrográficas (Tabla N° 1) en las que ha sido dividido el territorio nacional. <sup>(24)</sup>

**Tabla N° 1. Regiones Hidrográficas en El Salvador <sup>(24)</sup>.**

REGION HIDROGRAFICA		AREA (Km2)
A	LEMPA	10.167,56
B	PAZ	919,93
C	CARA SUCIA – SAN PEDRO	768,85
D	GRANDE DE SONSONATE - BANDERAS	778,43
E	MANDINGA - COMALAPA	1.294,55
F	JIBOA – ESTERO DE JALTEPEQUE	1.638,62
G	BAHIA DE JIQUILISCO	779,01
H	GRANDE DE SAN MIGUEL	2.389,27
I	SIRAMA	1.294,55
J	GOASCORAN	1.044,44

El Río Lempa es el de mayor importancia, con una cuenca hidrográfica total de aproximadamente 18,000 km<sup>2</sup>, compartida con Honduras y Guatemala. El 56% de la cuenca, unos 10,000 km<sup>2</sup>, están en territorio salvadoreño y esa extensión corresponde a casi la mitad del territorio nacional. La cuenca aporta el 72% del

recurso hídrico total de El Salvador, se encuentra ubicada entre la cadena montañosa del norte y la cadena costera que incluye la meseta central y los valles interiores centro occidentales. Entre sus afluentes tributarios se encuentran los ríos Acelhuate, Sucio, Torola y Sumpul. <sup>(18)</sup>

La disponibilidad del recurso agua para la población del país es de 3,500 m<sup>3</sup> per cápita, siendo ésta la disponibilidad más baja entre los países centroamericanos: Guatemala y Honduras disponen de unos 12000 metros cúbicos per cápita, Belice de unos 80000, Nicaragua de unos 44000, Costa Rica de unos 30000, y Panamá de unos 5700. <sup>(3)</sup>

Según FAO, los países con menos de 2,000 m<sup>3</sup> por persona se encuentran en una preocupante situación de escasez marginal de agua, y enfrentan grandes problemas en los años de sequía. <sup>(18)</sup>

La baja disponibilidad del agua como recurso natural en El Salvador viene a constituir una vulnerabilidad nacional que amenaza directamente la prestación de servicios de abastecimiento de agua potable y a los demás sectores como el de la generación de energía, riego y recreación. <sup>(18)</sup>

Además de la baja disponibilidad del recurso agua, otro problema crítico con el recurso es la contaminación de los cuerpos de agua. <sup>(18)</sup>

El Salvador es el país de la región centroamericana con mayor densidad de población (300 habitantes por kilómetro cuadrado), la presión sobre los recursos naturales y sobre el agua en particular es enorme; se estima que el 90 % de los cuerpos de agua dulce superficiales, tienen alguna forma de contaminación, por causas de desechos y vertidos domésticos, industriales, agroindustriales, hospitalarios, etc. Los costos sociales reportan índices altos en muertes

infantiles al año por contaminación de aguas. Los costos económicos son del orden de 1.2% a 1.7% del PIB (FUSADES), considerando a la población en general. <sup>(18)</sup>

Entonces, al igual que la cantidad del recurso, el acelerado deterioro de la calidad se constituye en otro punto de vulnerabilidad del subsector de abastecimiento de agua potable para la población. <sup>(18)</sup>

### **3.8. TECNOLOGÍAS APLICADAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN ZONAS RURALES DE EL SALVADOR**

#### **- Pozos excavados a mano**

En las zonas del país donde la profundidad del nivel freático lo permite, una de las soluciones para el suministro de agua es la de los pozos excavados a mano.

<sup>(18)</sup>

El agua se extrae mediante un balde atado a un lazo. Muchas veces la protección sanitaria del pozo es muy precaria o inexistente. Los esfuerzos institucionales en estos casos se orientan hacia la protección sanitaria del pozo e instalación de algún sistema mecánico – hidráulico de extracción del agua. <sup>(18)</sup>

Dependiendo de la naturaleza de los estratos de suelo que atraviesa, los pozos excavados a mano presentan riesgos de derrumbarse ante sismos y de contaminarse en el caso de inundaciones. <sup>(18)</sup>

#### **- Protección sanitaria de manantiales**

Solución sencilla y de bajo costo para proteger el manantial de la contaminación, donde la comunidad se abastece mediante acarreo. <sup>(18)</sup>

La mayoría de las veces consiste en obras de canalización del agua lluvia, muros de retención y losas de concreto como cubierta protectora del manantial.

### - **Captación de aguas lluvias**

Solución utilizada ampliamente en las comunidades asentadas en volcanes y cerros y en sitios con dificultad de abastecimiento.

El agua lluvia se capta usando los techos de las viviendas a partir de donde se conduce hasta tanques de almacenamiento herméticos con el fin de garantizar la calidad del agua almacenada hasta la llegada de la época seca. <sup>(18)</sup>

### - **Acueducto sistema múltiple**

Solución bastante frecuente para abastecer de una sola fuente a varias comunidades rurales.

Un considerable porcentaje de la población rural de El Salvador vive concentrada en pequeñas comunidades denominadas caseríos o colonias, que agrupan desde 10 hasta cientos de casas ubicadas a unos cuantos metros unas de otras. Esto ha permitido concebir sistemas de abastecimiento en los que se aprovecha una misma fuente de abastecimiento (pozo perforado o manantial), que alimenta a más de un tanque de almacenamiento y contar con tantas redes de distribución como caseríos o colonias sea factible suministrar con agua. <sup>(18)</sup>

Este tipo de sistema presenta dos tipos de vulnerabilidades muy significativas. Primero, por tratarse de sistemas no muy sencillos desde los puntos de vista hidráulico y electromecánico, para su operación requieren de la presencia casi constante de técnicos especialistas en electricidad, hidráulica y mantenimiento de equipos de bombeo, apoyo con el que no cuentan actualmente las comunidades encargadas de la operación y mantenimiento; y segundo, para la prestación del servicio dependen completamente del suministro de energía



eléctrica cuya calidad en cuanto a variaciones de voltaje y continuidad es deficiente. <sup>(18)</sup>

### **3.9. MICROORGANISMOS PATOGENOS TRANSMITIDOS POR EL AGUA**

Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que las enfermedades transmitidas por el agua se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral). <sup>(23)</sup>

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición. <sup>(23)</sup>

- **Bacterias transmitidas por el agua** (Véase Anexo N° 5).

#### ***Shigellae dysenteriae***

Causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones. <sup>(23)</sup>

#### ***Salmonella typhi***

Es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua. <sup>(23)</sup>

La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua. <sup>(23)</sup>

### ***Salmonella spp.***

Agente de salmonelosis, enfermedad más frecuente que la fiebre tifoidea, pero generalmente menos severa. <sup>(23)</sup>

### ***Vibrio cholerae***

Agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de mariscos u hortalizas crudas. La enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracias a la eficaz potabilización del agua. <sup>(23)</sup>

### ***Escherichia coli***

Generalmente las cepas de ***E. coli*** que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. <sup>(23)</sup>

Dentro de los ***E. coli*** patógenos se incluyen: ***E. coli enteropatogénico***, ***E. coli enterotoxigénico***, ***E. coli enteroinvasivo***, ***E. coli enterohemorrágico***, ***E. coli enteroadherente***, ***E. coli enteroagregativo***. <sup>(23)</sup>

## **3.10. ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL AGUA**

Los riesgos vinculados al deterioro y escasez de agua pueden clasificarse en las siguientes categorías: <sup>(23)</sup>

- Los transmitidos por el agua (Véase Anexo N° 6)
- Con base en el agua
- Vectoriales relacionadas con el agua

A causa de las enfermedades de origen hídrico y el interés de controlarlas, los estudios bacteriológicos del agua se han orientado, en su mayor parte, hacia sus aspectos sanitarios. Uno de los criterios, utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua, es la clase y número de bacterias que se encuentran presentes. En general, los métodos utilizados están diseñados para detectar el grado de contaminación del agua con desechos de origen humano y/o animal.

(23)

### **3.11. MICROORGANISMOS INDICADORES**

Tradicionalmente se han usado ensayos para la determinación de microorganismos indicadores más que para la determinación de patógenos. Los métodos usados para el aislamiento y el recuento de los microorganismos patógenos en agua, alimentos, etc. pueden no ser eficaces debido a que dichos microorganismos se encuentran en muy baja cantidad, sobre todo en presencia de números altos de otros microorganismos, o tienen una distribución irregular en el producto. (23)

Aun cuando se cuenta con métodos sensibles, en general son largos y costosos; además, hay patógenos que no pueden determinarse en laboratorios no especializados, como por ejemplo, el virus de la hepatitis A. Estas dificultades han hecho que se utilicen grupos de microorganismos de detección y cuantificación más fáciles y cuya presencia en cierto número se considera como una indicación de que la muestra estuvo expuesta a condiciones que pudieron determinar la llegada a la misma de microorganismos peligrosos y/o permitir la proliferación de especies patógenas. (23)

Estos grupos de microorganismos se denominan “indicadores” (23). Éstos son organismos habitualmente asociados al tracto intestinal, cuya presencia en el agua indica que el agua ha recibido una contaminación de origen intestinal.

### 3.11.1. Bacterias aerobias

Las bacterias aerobias son todas las bacterias heterótrofas, aerobias o anaerobias facultativas, mesófilas y psicotróficas capaces de crecer en un medio de agar nutritivo. <sup>(2)</sup>

Este recuento de colonias es útil para evaluar el estado de los recursos de agua en su origen y la eficacia del proceso de tratamiento de las aguas destinadas al consumo humano e indica la limpieza y el estado de los sistemas de distribución. De igual modo, permite detectar cambios anómalos en el número de microorganismos en la red de distribución. Así, todo aumento repentino del número obtenido puede advertir de la existencia de un foco de contaminación y requeriría su inmediata investigación. <sup>(2)</sup>

### 3.11.2. Bacterias coliformes totales

El grupo de bacteria coliformes es el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma <sup>(18)</sup>.

La OMS incluye dentro del grupo coliforme todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos Gram negativos, no esporulados, que producen ácido y gas al fermentar la lactosa, a 35 – 37 °C. <sup>(2)</sup>

Incluye los géneros: ***Escherichia***, ***Enterobacter***, ***Klebsiella*** y ***Citrobacter***.

Estas bacterias son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades. <sup>(2)</sup>

Las bacterias coliformes dan colonias oscuras con brillo metálico en medio Endo, luego de 24 h de incubación a 35°C. <sup>(2)</sup>

### 3.11.3. Grupo coliforme fecal o termotolerantes

Para los efectos del análisis sanitario del agua, se define el Coliforme fecal como un bacilo aerobio o anaerobio facultativo, Gram negativo, no esporulado, que fermenta la lactosa con producción de ácido y gas a 44 °C ( $\pm 0.5$  °C) en menos de 24 horas. <sup>(2)</sup>

Interesa la determinación de coliformes fecales que representan la fracción de coliformes presentes en intestinos y materias fecales del hombre o animales de sangre caliente. Esto proporciona información importante sobre la fuente y el tipo de contaminación presente. <sup>(2)</sup>

La determinación de coliformes fecales se hace a partir de las colonias desarrolladas en Endo o directamente incubando la membrana en medio m-FC e incubando a 44,5°C. <sup>(2)</sup>

### 3.11.4. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* es un subgrupo de bacterias coliformes fecales. Este tipo de bacteria se encuentra en grandes cantidades en los intestinos de las personas y los animales de sangre caliente. <sup>(2)</sup>

Algunas cepas, sin embargo, pueden causar enfermedades. La presencia de estos microorganismos indica que el agua esta contaminada con excremento e indica un alto riesgo de la presencia de organismos que pueden causar enfermedades. <sup>(2)</sup>

### 3.11.5. *Pseudomona aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* es una bacteria Gram-negativa, aeróbica, con motilidad unipolar. Se encuentra en el suelo, en el agua; prolifera en ambientes húmedos, es altamente resistente al cloro y es un patógeno oportunista. <sup>(2)</sup>

*P. aeruginosa* secreta una variedad de pigmentos como piocianina (azul verdoso), fluoresceína (amarillo verdoso fluorescente) y piorubina (rojo pardo). King, Ward, & Raney desarrollaron "Pseudomonas Agar P" (también conocido como "medio King A") para mejorar la producción de piocianina y piorubina; y "Pseudomonas Agar F" (también conocido como "medio King B") para la fluoresceína. <sup>(2)</sup>

### 3.12. METODOS DE ANALISIS

#### 3.12.1. Número más probable (NMP)

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra sin diluir que pueden ser volúmenes de 50, 10 y 1 mL, ó de 10, 1 y 0.1 mL, o diluida en caso necesario, en una serie de tubos por triplicado o quintuplicado con un medio que contiene lactosa (caldo lactosado o caldo lauril triptosa). <sup>(23)</sup>

La valoración del contenido microbiano de una muestra de agua por el método del NMP supone la utilización de tablas numéricas que tienen en cuenta los volúmenes de agua y las cantidades de tubos sembrados en una o más series.

<sup>(23)</sup>

Realmente consiste en tratar estadísticamente el número de tubos de cada serie sembrada que resulten positivos después de su incubación <sup>(23)</sup>. La técnica del NMP comprende siempre una prueba presuntiva y otra confirmativa.

Esto es así porque una positividad en un tubo de la prueba presuntiva no indica necesariamente la presencia del grupo bacteriano a determinar (coliformes totales, Coliformes fecales o ***Streptococos Fecales***), sino tan solo es una presunción, que habrá de confirmarse posteriormente. <sup>(23)</sup>

Sin embargo, una negatividad en la prueba presuntiva permite dictaminar la ausencia de dicho grupo bacteriano en el agua examinada. La denominada

prueba presuntiva consiste en una metodología de tipo general para cualquier grupo de bacterias, mientras que la prueba confirmativa es específica. <sup>(23)</sup>

### 3.12.2. Recuento de bacterias heterotróficas totales

Consiste en un método estandarizado para determinar la densidad de bacterias heterótrofas, mesófilas aerobias y anaerobias facultativas en el agua. Así se obtiene información útil que se estudia junto con el índice de coliformes; también se usa para controlar un determinado proceso en el tratamiento de agua o para verificar la calidad del agua tratada, luego de recorrer toda la red de distribución. <sup>(23)</sup>

Este método se basa en contar el número de colonias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido, en el que se ha sembrado un volumen conocido de agua muestra, transcurrido un tiempo y una temperatura de incubación determinados. <sup>(23)</sup>

### 3.12.3. Prueba de sustrato enzimático

Para la detección simultánea de coliformes totales y *Escherichia coli* se puede utilizar la prueba de sustrato enzimático. <sup>(23)</sup>

En este caso, el grupo de coliformes totales incluye todas las bacterias que presentan la enzima beta-D-galactosidasa, que hidroliza un sustrato cromogénico (por ejemplo, ONPG) liberando el cromógeno. Como *E. coli* se incluyen todas las bacterias que dan positiva la reacción de coliformes totales y que tienen actividad beta-glucuronidasa, que rompe el sustrato fluorogénico (por ejemplo, MUG), liberando el fluorógeno. Este método permite llevar a cabo tanto recuentos como ensayos de ausencia/presencia. <sup>(23)</sup>

### 3.12.4. Pruebas bioquímicas <sup>(2), (10)</sup>

Las pruebas bioquímicas se basan en la habilidad de las bacterias de producir enzimas fácilmente detectables y en características metabólicas específicas de cada microorganismo. Con este fin, existen en el mercado una enorme variedad de medios de cultivo diseñados no sólo para permitir el crecimiento y multiplicación de los microorganismos, sino también para inhibir los de otros (medios selectivos) o resaltar determinadas características metabólicas (medios diferenciales).

Estas enzimas involucradas en el metabolismo bacteriano, pueden ser evidenciadas en medios de cultivo especiales que contienen los substratos sobre los cuales ellas actúan, junto con un sistema indicador que va a poner de manifiesto la degradación del substrato o la presencia de un metabolito específico.

#### 3.12.4.1. Prueba de la Catalasa

En los ambientes acuosos, que contienen oxígeno disuelto, como el citoplasma de las células, aparecen formas tóxicas derivadas del oxígeno. Las bacterias que viven en ambientes aerobios necesitan un equipo enzimático capaz de neutralizar estas formas tóxicas <sup>(2), (10)</sup>.

Entre estas enzimas se encuentra la catalasa, que convierte el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno molecular <sup>(2), (10)</sup>.

#### 3.12.4.2. Prueba de la Oxidasa

La prueba se basa en comprobar la existencia de proteínas **citocromo c** que forman parte de algunas cadenas transportadoras de electrones propias del metabolismo respirador. La presencia de citocromo c se manifiesta por la



capacidad del colorante tetrametil-pfenilendiamina de oxidarse al ceder electrones al citocromo c, apareciendo una coloración azul (forma oxidada). (2), (10)

Esta prueba permite diferenciar el grupo *Enterobacteriaceae* (que carece de citocromo c) del género *Pseudomonas* (que posee citocromo c). (2), (10)

#### **3.12.4.3. Prueba de Indol**

Esta prueba se emplea para detectar la presencia de la enzima triptofanasa en las bacterias. Esta enzima degrada el aminoácido triptófano a indol, compuesto que se determina en el ensayo. Para realizar esta prueba, la bacteria se cultiva en un caldo de triptona con NaCl al 0,5 % (medio especialmente rico en triptófano). Si la bacteria tiene la enzima triptofanasa, al añadir al medio el reactivo de Kovacs, este formará un complejo con el indol y se producirá un anillo de color rojo en la superficie del caldo y la prueba será considerada positiva. (2), (10)

#### **3.12.4.4. Prueba de Movilidad**

Determina si un organismo es móvil o inmóvil. Las bacterias tienen movilidad por medio de sus flagelos, que se encuentran principalmente entre los bacilos; sin embargo algunas formas de cocos son móviles. (2), (10)

La movilidad bacteriana es otra característica importante en la identificación final de especie, se realiza en medios semisólidos como el SIM. La prueba de motilidad se interpreta realizando un cuidadoso examen macroscópico del medio para observar una zona de desarrollo difuso que parte de la línea de inoculación. (2), (10)

#### 3.12.4.5. Prueba de Rojo de metilo y Voges-Proskauer

Las bacterias que en anaerobiosis fermentan los azúcares pueden realizar esto por distintas rutas. Las enterobacterias son anaerobios facultativos que utilizarán la glucosa en dos fases: primero la metabolizarán aerobiamente, consumiendo rápidamente el oxígeno del medio, para, en segundo lugar, continuar metabolizándola por vía anaerobia (fermentación) <sup>(2),(10)</sup>. Esta fermentación puede ser de dos tipos:

- a. **Fermentación ácido-mixta.** Los productos finales son ácidos orgánicos (fórmico, acético, láctico y succínico) y etanol. Fermentación característica de los géneros *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Yersinia*. <sup>(2),(10)</sup>
- b. **Fermentación butilén-glicólica.** Los productos finales son compuestos neutros como el butanodiol y el etanol, produciéndose acetoína como intermediario. Fermentación característica de los géneros *Enterobacter*, *Serratia* y la mayoría de especies *Erwinia*. <sup>(2),(10)</sup>

La liberación de ácidos orgánicos en el primer tipo de fermentación (ácido-mixta) generará un acusado descenso del pH que podrá ser detectado añadiendo al medio un indicador de pH como el rojo de metilo (rojo a pH de alrededor 4,0) <sup>(2),(10)</sup>. Si la fermentación que se ha llevado a cabo es del tipo butilén-glicólica, la producción de acetoína puede ser detectada añadiendo al medio KOH y alfa-naftol (prueba Voges-Proskauer) que reaccionará con este compuesto produciendo un color rojo característico. <sup>(2),(10)</sup>

#### 3.12.4.6. Prueba de Citrato

Esta prueba indica la capacidad de las bacterias de metabolizar el citrato. El medio Citrato Simmons contiene citrato como única fuente de carbono, fosfato

de amonio como única fuente de nitrógeno y azul de bromotimol como indicador de pH. Únicamente las bacterias capaces de metabolizar el citrato (indica presencia de la enzima citrato permeasa) podrán multiplicarse en este medio y, al hacerlo, utilizarán los fosfatos presentes liberando iones amonio. Estos iones amonio que evolucionan a amoníaco, junto con la eliminación del citrato (ácido), generará una fuerte basificación del medio que se manifestará por un cambio de color del indicador de pH, de verde a azul. <sup>(2), (10)</sup>

#### **3.12.4.7. Prueba de Triple-Azúcar-Hierro y Sulfuro de hidrógeno (TSI y H<sub>2</sub>S)**

Determina la capacidad de un microorganismo para atacar los hidratos de carbono glucosa, lactosa y/o sacarosa, con producción o no de gases (CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>), junto con la producción o no de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). <sup>(2), (10)</sup>

En esta prueba se leen e interpretan las siguientes reacciones bioquímicas: <sup>(2), (10)</sup>  
(Véase Anexo N° 16).

- Fermentación de la glucosa (K/A).
- Fermentación de glucosa, lactosa y/o sacarosa (A/A).
- No fermentación de los carbohidratos (K/K), la bacteria no utiliza los hidratos de carbono, produciendo aminos que alcalinizan el fondo y la superficie del medio. Algunas bacterias no fermentadoras solamente atacan la peptona aeróbicamente dando un TSI: K/N, es decir no hay cambio en el fondo del tubo.
- Producción de gas: ruptura del medio.
- Producción de H<sub>2</sub>S: ennegrecimiento del medio.

## **IV. DISEÑO METODOLOGICO**

## **4.0 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1. TIPO DE ESTUDIO**

- Longitudinal: el estudio se llevó a cabo a lo largo de un período, en dos épocas del año, época lluviosa (Julio) y época seca (Noviembre).
- De Campo: se hizo una inspección higiénico-sanitaria y la toma de muestras de agua en los 18 pozos de tipo excavados seleccionados de la Colonia La Carmenza. Asimismo, se impartió una charla educativa en el centro escolar de dicha colonia.
- Experimental: se llevaron a cabo análisis microbiológicos de acuerdo a los métodos establecidos por los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de la APHA. <sup>(2)</sup>

### **4.2. INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA**

Se consultaron libros, trabajos de graduación, revistas y otros en:

- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer.
- Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Nueva San Salvador.
- Biblioteca de la Universidad de Oriente (San Miguel).
- Biblioteca de la Universidad Gerardo Barrios (San Miguel).
- Internet.

### **4.3. INVESTIGACION DE CAMPO**

- 4.3.1. Reunión con las autoridades de la Unidad de Salud El Zamorán, en la cual, se les planteó el tema y los objetivos del estudio; se solicitó información estadística que permitiera ver la situación actual del problema: índices de morbilidad, incidencia de enfermedades y el registro de casos específicos de enfermedades de origen hídrico en la colonia La Carmenza.
- 4.3.2. Reunión con los directivos representantes de la colonia La Carmenza en la cual, se les planteó el tema y los objetivos del estudio; se solicitaron datos sobre el número de viviendas, la cantidad de pozos y la población aproximada de la colonia. Asimismo, se solicitó respaldo y apoyo logístico.
- 4.3.3. Se visitó la colonia La Carmenza para efectuar la inspección higiénico sanitaria y la toma de muestras de agua de los 18 pozos de tipo excavados seleccionados.
- 4.3.4. Reunión general con los habitantes de la colonia La Carmenza en la cual, se impartió una charla educativa sobre las condiciones higiénicas sanitarias que se deben de mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua.

### **4.4. UNIVERSO Y MUESTRA**

Universo: Los pozos de la colonia La Carmenza.

Muestra: El agua de pozos excavados seleccionados de la colonia La Carmenza.

#### 4.4.1. Cálculo del tamaño de la muestra <sup>(26), (21)</sup>

La NSO 13.07.01.08. Agua. Agua Potable establece que para evaluar la calidad microbiológica del agua, el número de muestras en relación a la población debe ser mínimo 1 muestra/mes para una población < 5000 habitantes. <sup>(7)</sup>

Si se hubiese partido de ese hecho, se hubiera cometido un error de muestreo y a la vez un error de inferencia; pues, la colonia La Carmenza tiene una población total de 1328 habitantes y cuenta con 288 pozos excavados; lo cual, hubiera correspondido a tomar sólo una muestra.

En vista de ello, el método utilizado para calcular el tamaño de la muestra fue el método de proporciones; tomando en cuenta siempre, el tamaño de la población (habitantes).

#### Método de proporciones <sup>(21), (26)</sup>

Método para determinar el tamaño de la muestra de una población conocida o finita.

Fórmula: <sup>(21)</sup>

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

Dónde:

N: Tamaño de la población.

Z: Valor del coeficiente de confianza para un determinado nivel de confianza.

P: Proporción poblacional donde ocurre el evento.

Q: Proporción poblacional donde no ocurre el evento.

E: Precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

### - Determinación del coeficiente de confianza

95 %, es el nivel de confianza con que se estableció el estudio para que éste se ajustara a la realidad; es decir, que el número de muestras analizadas fueran representativas del total de la población y aseguraran la confiabilidad de los resultados.

Por lo tanto, el valor de Z para un nivel de confianza de 95 % es 1.96 (Véase Anexo N° 7)

### - Determinación de las proporciones poblacionales

La población aproximada de la colonia La Carmenza es de 1328 habitantes.

De esta población, aproximadamente el 95 % utiliza el agua de pozos para el consumo humano. <sup>(28), (29)</sup>

1328 habitantes \_\_\_\_\_ 100 %

X \_\_\_\_\_ 95 %

$X = 1261.6 \approx 1262$  habitantes que utilizan el agua de pozos para el consumo humano.

Con la finalidad de determinar una proporción de la población que utiliza el agua de pozo para el consumo humano, se tomó en cuenta que:

P: proporción de habitantes que utilizan el agua de pozos para consumo humano.

$$P = \frac{1262}{1328} = 0.95$$

Q: Proporción de habitantes que no utilizan el agua de pozos para el consumo humano.

$$Q = 1 - 0.95 = 0.05$$



### - Precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Debido a la naturaleza del estudio realizado el máximo grado de error que se acepto fue de 10 % (E = 0.1). Esto, teniendo en cuenta que el límite máximo permisible para calidad microbiológica del agua potable con respecto a coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* según la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable es < 1.1 NMP/100 mL. Por lo tanto, se tomó un valor inferior a éste.

Entonces:

$$\begin{array}{lll} Z = 1.96 & P = 0.95 & E = 0.1 \\ N = 1328 & Q = 0.05 & \end{array}$$

$$n = \frac{(1328)(1.96)^2(0.95)(0.05)}{(1328 - 1)(0.1)^2 + (1.96)^2(0.95)(0.05)} = 18 \text{ muestras}$$

n = 18 muestras.

#### 4.4.2. Tipo de muestreo <sup>(21), (26)</sup>

Se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado, dividiendo la población (universo) en tres estratos: (Véase Anexo N° 9)

- Estrato 1: Los pozos de la zona noreste de la colonia La Carmenza.
- Estrato 2: Los pozos de la zona centro de la colonia La Carmenza.
- Estrato 3: Los pozos de la zona suroeste de la colonia La Carmenza.

Esto permitió asegurar la representatividad de cada zona de la colonia, teniendo en cuenta que las características hidrogeológicas varían de una zona a otra. Lo cual podría influir en los parámetros de estudio.

El tamaño de la muestra en cada estrato fue proporcional al tamaño del estrato (afijación proporcional):

- Estrato 1:

N = 288	n = 18	$N_1 = 114$
288 _____ 18		
114 _____ $n_1$		
$n_1 = 7$		

- Estrato 2:

N = 288	n = 18	$N_2 = 89$
288 _____ 18		
89 _____ $n_2$		
$n_2 = 6$		

- Estrato 3:

N = 288	n = 18	$N_3 = 85$
288 _____ 18		
85 _____ $n_3$		
$n_3 = 5$		

Cada estrato fue tratado independientemente, aplicando a cada uno de ellos, un muestreo aleatorio simple. Para ello, se colocaron dentro de una tómbola, los números correspondientes a los pozos de cada estrato (Véase Anexo N° 9); seleccionando al azar, tantos números como muestras tenía que aportar cada estrato (Véase Anexo N° 10).

#### **4.5. INSPECCION HIGIENICO-SANITARIA (Véase Anexo N° 11)**

El estudio incluyó la inspección higiénico-sanitaria en los lugares de muestreo para lo cual se hizo uso de una ficha de inspección tomando en cuenta puntos

críticos como reborde de protección y revestimiento interno de los pozos; tapadera adecuada, profundidad y el estado higiénico de los mismos. <sup>(20)</sup>

Además se evaluaron las condiciones higiénico-sanitarias del ambiente circundante tomando en consideración aspectos como presencia de letrinas, aguas residuales, animales domésticos y basurales. <sup>(20)</sup>

Esto permitió identificar, de forma práctica y específica, los factores que contribuyen a la contaminación microbiana del agua de pozos de la colonia La Carmenza.

#### **4.6. TOMA DE MUESTRAS** <sup>(2)</sup>

Las muestras de agua se tomaron de acuerdo a los Standard Methods de la APHA. Se tomaron muestras de agua (200 mL. aproximadamente) en frascos estériles con tapa rosca <sup>(2)</sup>.

##### **4.6.1. Toma de muestra de pozos con bomba** (Véase Anexo N° 12).

La toma de muestra se realizó en uno de los puntos de salida; desinfectando el punto de salida con alcohol, dejando fluir el agua durante 2 a 3 minutos y luego se tomó la muestra. Teniendo el cuidado de no tocar el interior del frasco ni del tapón al momento de su manipulación y dejando un espacio libre en el frasco de tal manera que permitiera la homogenización de la muestra previo a su análisis.

<sup>(2)</sup>

##### **4.6.1. Toma de muestra de pozos sin bomba** (Véase Anexo N° 12).

La toma de muestra se realizó introduciendo el frasco en el fondo del pozo con ayuda de una cuerda y una pesa atada a la base. Teniendo el cuidado de no tocar el interior del frasco ni del tapón al momento de su manipulación y

dejando un espacio libre en el frasco de tal manera que permitiera la homogenización de la muestra previo a su análisis. (2)



**Figura N° 12. Toma de muestra de agua de pozo con bomba.**



**Figura N° 13. Toma de muestra de agua de pozo sin bomba.**

Las muestras se identificaron mediante una viñeta con la siguiente información: dirección, punto de muestreo, fecha y hora de muestreo, código de la muestra y nombre del analista.

DIRECCIÓN: _____
LUGAR Y PUNTO DE MUESTREO: _____
FECHA/HORA DE MUESTREO: _____
CODIGO DE MUESTRA: _____
ANALISTA _____

**Figura N° 14. Viñeta para Identificación de Muestras**

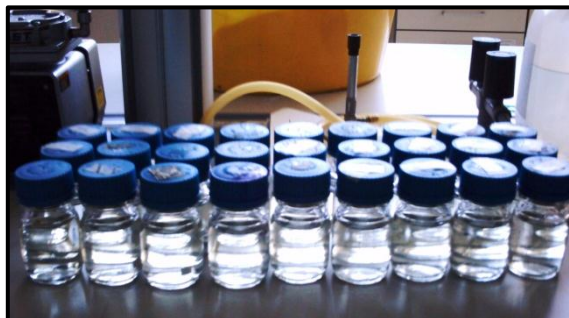
#### **4.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO** <sup>(2)</sup>

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Aguas del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador en una hielera con hielo, para realizar las determinaciones respectivas siguiendo las recomendaciones de los Standard Methods de la APHA considerándose los siguientes parámetros: bacterias mesófilas aerobias por el método Recuento en Placa; coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa* por el método de Tubos Múltiples (NMP). <sup>(2)</sup>

##### **4.7.1. Preparación de la muestra y sus diluciones** (Véase Anexo N° 13).

Se mezclaron vigorosamente cada una de las muestras, unas 25 veces, con movimientos de arriba a abajo (o hacia atrás y hacia adelante) del frasco. <sup>(2)</sup>

Utilizando pipetas estériles distintas para cada dilución, se transfirió 10 mL. de muestra a un frasco de dilución conteniendo 90 ml. de agua peptonada 0.1 % para obtener la dilución  $10^{-1}$ . De la dilución anterior, se transfirió 10 mL. a otro frasco de dilución conteniendo 90 ml. de agua peptonada 0.1 % para obtener la dilución  $10^{-2}$ , y de ésta, se transfirió 10 mL. a otro frasco de dilución conteniendo 90 ml. de agua peptonada 0.1 % para obtener la dilución  $10^{-3}$ . <sup>(2)</sup>

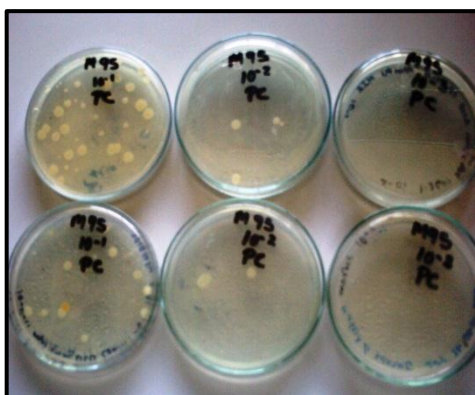


**Figura N° 15. Frascos de dilución con 90 mL de agua peptonada 0.1%.**

#### **4.7.2. Recuento de bacterias mesófilas aerobias (Véase Anexo N° 13).**

Se utilizó el método recuento en placa. El cual consistió en adicionar un volumen de 1 mL de la muestra y/o sus diluciones a una placa petri estéril de 65 cm<sup>2</sup> (por duplicado) y luego se vertió agar plate count fundido y temperado (a 45°C) a la placa, se homogenizó mediante rotación de las placas en forma de “ocho”, se dejó solidificar (10 minutos aproximadamente) y se incubaron las placas invertidas a 35°C durante 48 horas. <sup>(2)</sup>

Se contaron, inmediatamente después de la incubación, el número de colonias desarrolladas en las placas; se hizo el cálculo respectivo y se reportó como UFC/mL. <sup>(2)</sup>



**Figura N° 16. Recuento de bacterias mesófilas aerobias en muestras de agua de pozos utilizando agar plate count**

#### 4.7.3. Determinación de coliformes totales (Véase Anexo N° 13).

##### Técnica de Tubos Múltiples <sup>(2)</sup>

Se utilizó como medio de cultivo caldo Rapid HiColiform en volúmenes de 10 mL de doble concentración (2X) para inóculos de 10 mL. y de concentración simple (X) para inóculos de 1 mL y 0.1 mL. <sup>(2)</sup>

Se colocaron tres series de cinco tubos con Caldo Rapid HiColiform en una gradilla para tubos de ensayo. Se inoculó cada serie con 10 mL, 1 mL y 0.1 mL de muestra respectivamente. Se homogenizaron los tubos mediante ligera agitación y se incubaron a  $35 \pm 0.5$  °C por 24-48 horas. <sup>(2)</sup>

Los tubos que presentaron coloración azul turquesa se consideraron como positivos para coliformes totales. <sup>(2)</sup>

Se calculó el NMP comparando el número de tubos positivos con la tabla de índice de NMP y se reportó como NMP/100 mL (Véase Anexo N° 14). <sup>(2)</sup>



**Figura N° 17. Determinación de coliformes totales en muestras de agua de pozos utilizando caldo Rapid HiColiform.**

#### 4.7.4. Determinación de Coliformes Fecales (Véase Anexo N° 13).

De los tubos con prueba positiva para coliformes totales, se transfirió tres asadas a tubos con 10 mL de caldo EC y campana Durham. Se incubaron en un baño de agua a  $44.5 \pm 0.2$  °C durante  $24 \pm 2$  h. <sup>(2)</sup>

Los tubos que presentaron turbidez y producción de gas se consideraron como positivos para coliformes fecales. <sup>(2)</sup>

Se calculó el NMP comparando el número de tubos positivos con la tabla de índice de NMP y se reportó como NMP/100 mL (Véase Anexo N° 14). <sup>(2)</sup>



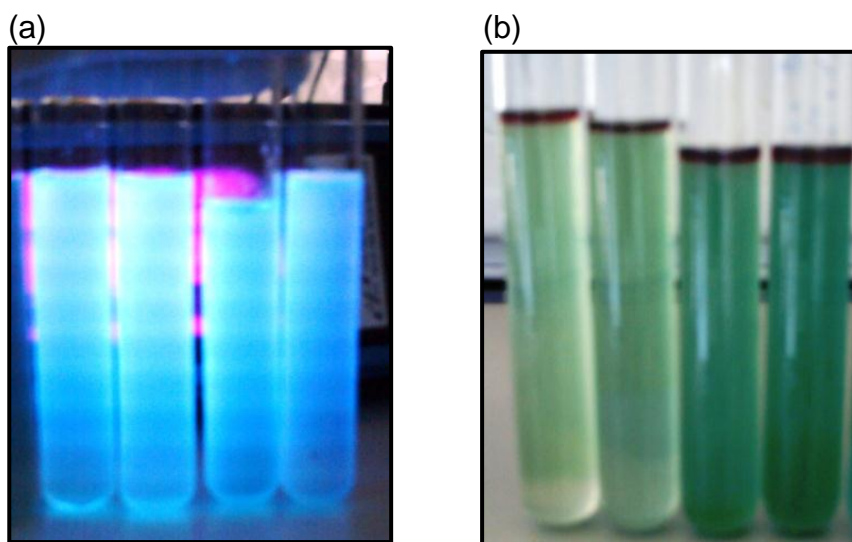
**Figura N° 18. Determinación de Coliformes Fecales en muestra de agua de pozo utilizando caldo EC con campana Durham.**

#### 4.7.5. Determinación de *Escherichia coli* (Véase Anexo N° 13)

Se observó frente a una lámpara de luz Ultra-Violeta (a 366 nm de longitud de onda) los tubos con prueba positiva para Coliformes Totales. La fluorescencia azul brillante indicó la presencia de *E. coli*. Se confirmó, agregando a cada tubo que presento fluorescencia, 0.2 - 0.3 mL del reactivo de Kovac's. La formación de un anillo color rojo cereza confirmó la presencia de *E. coli*. <sup>(2)</sup>



Se calculó el NMP comparando el número de tubos positivos con la tabla de índice de NMP y se reportó como NMP/100 mL (Véase Anexo N° 14).<sup>(2)</sup>

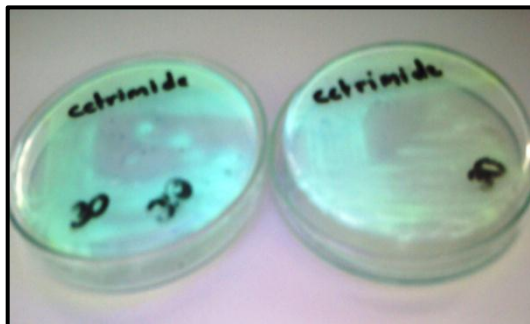


**Figura N° 19. Presencia de *E. coli* en muestras de agua de pozos utilizando caldo Rapid HiColiform: (a) fluorescencia azul brillante y (b) formación de anillo color rojo cereza.**

#### **4.7.5. Determinación de *Pseudomona aeruginosa* (Véase Anexo N° 13)**

Se sembró por el método de estrías el contenido de los tubos con prueba positiva para coliformes totales en placas de petri conteniendo Agar Cetrimide y se incubaron a 35°C durante 24 horas.<sup>(2)</sup>

El desarrollo de colonias verde amarillentas y fluorescentes a la luz UV, indicó la presencia de *Pseudomona aeruginosa*.<sup>(2)</sup>



**Figura N° 20. Presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en Agar Cetrímide.**

Se seleccionaron las colonias típicas de *Pseudomonas aeruginosa* desarrolladas en agar cetrímide y se realizaron las siguientes pruebas bioquímicas: (Véase Anexo N° 15)

#### **4.7.5.1. Prueba de la Catalasa** (Véase Anexo N° 15)

Se tomó una colonia típica de *Pseudomonas aeruginosa* con un palillo de madera y se depositó en el centro de un portaobjeto de vidrio. Se añadió una gota de peróxido de hidrógeno al 3%. Sí la reacción era positiva, se producía inmediatamente un apreciable burbujeo de O<sub>2</sub> <sup>(2), (10)</sup>.

#### **4.7.5.2. Prueba de la Oxidasa** (Véase Anexo N° 15)

Se tomó una colonia típica de *Pseudomonas aeruginosa* y se extendió encima de un papel de filtro Whatman n° 1 (utilizando asa de platino). Se dejó caer una gota de reactivo sobre la colonia a determinar. <sup>(2), (10)</sup>

La prueba se consideraba positiva sí la colonia se tornaba de color violeta (durante los primeros 30-60 seg). <sup>(2), (10)</sup>

#### **4.7.5.3. Prueba de Indol** (Véase Anexo N° 15)

Se inoculó una asada de colonias típicas de *Pseudomonas aeruginosa* en un tubo con 5 mL de caldo de triptona. Se incubó a 37 °C durante 24 h.

Se agregó 0.2-0.3 mL de reactivo de Kovacs, dejándolo caer por la pared interior del tubo. <sup>(2), (10)</sup>

La prueba se consideraba positiva sí al agregar el reactivo de Kovacs se formaba un anillo color rojo cereza en la superficie del caldo. <sup>(2), (10)</sup>

#### **4.7.5.4. Prueba de Movilidad** (Véase Anexo N° 15)

Se inoculó con un asa en punta colonias típicas de *Pseudomonas aeruginosa* en medio agar SIM (Sulfuro-Indol-Movilidad), picando en el centro hasta la mitad del medio en forma vertical. Se incubó a 37 °C durante 24 h. <sup>(2), (10)</sup>

La prueba se consideraba positiva sí había crecimiento en todo el medio, difundido a partir de la línea de siembra, manifestado por turbiedad. <sup>(2), (10)</sup>

#### **4.7.5.5. Prueba de Voges-Proskauer** (Véase Anexo N° 15)

Se inoculó una asada de colonias típicas de *Pseudomonas aeruginosa* en un tubo con 5 mL de caldo MR-VP. Se incubó a 37 °C durante 48 h. <sup>(2), (10)</sup>

Se agregó 0.6 mL de  $\alpha$ -naftol al 5 % y se agitó bien. Luego 0.2 mL de KOH al 40 %. Se agitó para mezclar y se colocaron los tubos en posición de máxima inclinación durante 10-15 min. <sup>(2), (10)</sup>

El desarrollo de un color rosa a rojo rubí en el medio se consideraba como prueba positiva. <sup>(2), (10)</sup>

#### **4.7.5.6. Prueba de Rojo de metilo** (Véase Anexo N° 15)

Se inoculó una asada de colonias típicas de *Pseudomonas aeruginosa* en un tubo con 5 mL de caldo MR-VP. Se incubó a 37 °C durante 48 h. <sup>(2), (10)</sup>

Se agregó 5-6 gotas del indicador rojo de metilo y se observó el color resultante. <sup>(2), (10)</sup>

La prueba se consideraba positiva sí el medio de cultivo tomaba un color rojo. <sup>(2), (10)</sup>

#### 4.7.5.7. Prueba de Citrato (Véase Anexo N° 15)

Se inoculó con un asa en punta colonias típicas de *Pseudomona aeruginosa* en medio Citrato Simmons, estriando únicamente sobre la superficie del bisel. Se incubó a 37 °C durante 24-48 h. <sup>(2), (10)</sup>

La prueba se consideraba positiva sí existía crecimiento y cambio de color del medio de verde a azul en el bisel. <sup>(2), (10)</sup>

#### 4.7.5.8. Prueba de Triple-Azúcar-Hierro y Sulfuro de hidrógeno (TSI y H<sub>2</sub>S) (Véase Anexo N° 15)

Se inoculó con un asa en punta colonias típicas de *Pseudomona aeruginosa* en medio triple azúcar hierro, haciendo una picada en el centro hasta el fondo del medio y posteriormente se estrió sobre la superficie del bisel. Se incubó a 35 °C durante 24 h. <sup>(2), (10)</sup>

Se leyeron e interpretaron los resultados (Véase Anexo N° 15 y N° 16). <sup>(2), (10)</sup>

#### Cuadro N° 7. Reacciones bioquímicas para *Pseudomona aeruginosa* <sup>(2), (10)</sup>

Catalasa	Oxidasa	Indol	Movilidad	VP	Rojo de metilo	Citrato	TSI		
							Bisel	Fondo	H <sub>2</sub> S
(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	K	A	(-)

Los resultados de cada uno de los parámetros determinados, fueron comparados con los límites máximos permisibles según la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable (Véase Anexo N° 17).

#### **4.8. CHARLA EDUCATIVA** (Véase Anexo N° 18, N° 19 y N° 20)

Tomando como referencia los resultados obtenidos de la inspección higiénico-sanitaria y los análisis microbiológicos realizados a muestras de agua de los 18 pozos seleccionados, se impartió una charla educativa a la población en estudio, acerca de las condiciones higiénicas sanitarias que se deben de mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua. La cual tuvo lugar en el Centro Escolar colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.

##### **Tema:**

Condiciones higiénicas sanitarias que se deben de mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua.

##### **Objetivo:**

Impartir una charla educativa a la población en estudio, acerca de las condiciones higiénicas sanitarias que se deben de mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua.

##### **Contenidos:**

- Resultados de la inspección higiénico-sanitaria.
- Resultados de los análisis microbiológicos realizados.
- Protección de las fuentes de agua: Condiciones higiénico-sanitarias en los pozos.
- Métodos para desinfectar el agua en el hogar:
  - Ebullición.
  - Cloración.

- Puriagua.
- SODIS
- Prácticas saludables en el almacenamiento y manejo adecuado del agua.

**Participantes:**

- Población de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel.

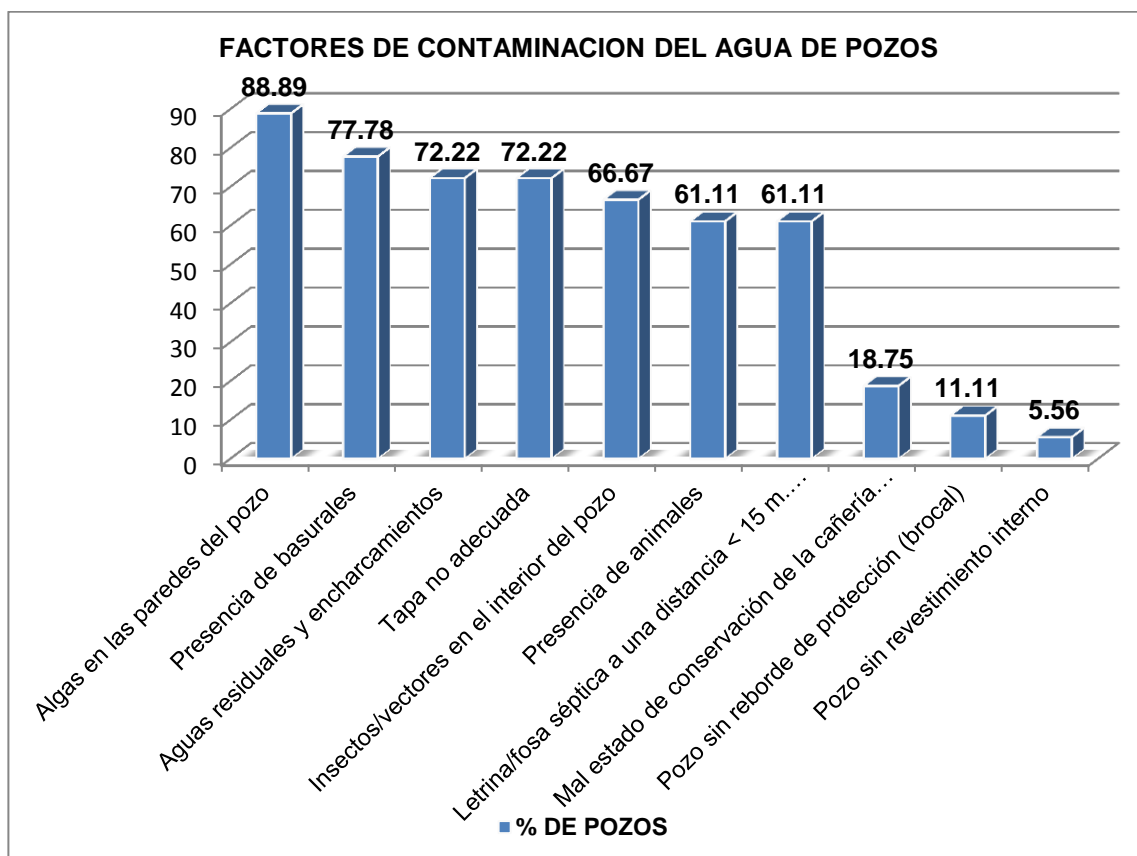
## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. INSPECCION HIGIENICO-SANITARIA

**Tabla N° 4. Resultados de la guía de inspección higiénico-sanitaria**

CONDICION/FACTOR DE CONTAMINACION	N° DE POZOS	% DE POZOS
Algas en las paredes del pozo	16	88.89
Presencia de basurales	14	77.78
Aguas residuales y encharcamientos	13	72.22
Tapadera no adecuada	13	72.22
Insectos/vectores en el interior del pozo	12	66.67
Presencia de animales	11	61.11
Letrina/fosa séptica a una distancia < 15 m. del pozo	11	61.11
Mal estado de conservación de la cañería de descarga	3	18.75
Pozo sin reborde de protección (brocal)	2	11.11
Pozo sin revestimiento interno	1	5.56



**Figura N° 22. Resultados de la guía de inspección higiénico-sanitaria**



De manera simultánea a la toma de muestras de agua de los 18 pozos seleccionados, se llevó a cabo la inspección higiénico-sanitaria; la cual permitió identificar, de forma práctica y específica, los factores que contribuyen a la contaminación microbiana del agua de pozos de la colonia La Carmenza. Obteniéndose el porcentaje de pozos en los cuales se identificaron dichos factores de contaminación, tal como se muestra en la Tabla N° 4.

La Figura N° 22 muestra que el factor de contaminación con mayor incidencia en los 18 pozos inspeccionados es la presencia de algas en las paredes (88.89 %), lo cual favorece la colonización de microorganismos, entre ellos ***Pseudomona aeruginosa***. Seguido de presencia de basurales (77.78 %); tapadera no adecuada (72.22 %); aguas residuales y encharcamientos (72.22 %); insectos/vectores en el interior del pozo (66.67 %); letrina/fosa séptica a una distancia < 15 m. del pozo (61.11 %); presencia de animales (61.11 %); mal estado de conservación de la cañería de descarga (18.75 %); pozo sin reborde de protección (11.11 %) y pozo sin revestimiento interno (5.56 %).

Otro aspecto considerado en la inspección higiénico-sanitaria fue la profundidad del pozo. Encontrándose que, el total de los 18 pozos inspeccionados (100 %) tienen una profundidad mayor de 22 m. Lo cual, contribuye a la protección del pozo contra la contaminación; ya que, las capas de suelo que recubren la fuente subterránea ejercen un efecto de barrera.



**Figura N° 23. Presencia de basurales en las cercanías de los pozos**

La Figura N° 23 muestra la presencia de basurales identificada en un 77.78 % de los pozos inspeccionados. Lo cual, crea las condiciones idóneas para el crecimiento y supervivencia de microorganismos. Asimismo, favorece el hábitat y proliferación de insectos, roedores y otros animales portadores potenciales de gérmenes.



**Figura N° 24. Tapa de pozos no adecuada**

La Figura N° 24 muestra las tapas no adecuadas encontradas en un 72.22 % de los pozos inspeccionados. Lo cual permite el ingreso de partículas contaminantes y objetos extraños al interior del pozo.



**Figura N° 25. Distancia no adecuada entre la letrina y el pozo**

La Figura N° 25 muestra la distancia no adecuada entre la letrina y el pozo identificada en un 61.11 % de los pozos inspeccionados. Considerando que, la distancia mínima entre la letrina y el pozo debe ser 15 m. Una distancia menor, puede producir la contaminación del agua de pozo por infiltración de las excretas a través del suelo o las paredes del pozo.



**Figura N° 26. Presencia de animales en las cercanías de los pozos**

La figura N° 26 muestra la presencia de animales en las cercanías de los pozos identificada en un 61.11 % de los pozos inspeccionados. Lo cual, puede generar la contaminación del agua directamente o mediante la infiltración de las excretas de dichos animales a través del suelo. Asimismo, éstos pueden dañar la infraestructura del pozo.



**Figura N° 27. Pozo sin reborde de protección**

La Figura N° 27 muestra un pozo sin reborde de protección (brocal), de los cuales se encontraron 2, correspondiente a un 11.11 % de los pozos inspeccionados. Este factor de contaminación, constituye una puerta de entrada a la contaminación directa del pozo con partículas, polvo, objetos extraños; pero sobre todo, con aguas superficiales contaminadas. Con mayor riesgo de contaminación ante las inundaciones.

## **5.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Se tomaron muestras de agua de los 18 pozos seleccionados; las cuales, fueron analizadas para determinar su calidad microbiológica. Los parámetros determinados fueron bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*; considerados como indicadores de contaminación microbiana, útiles para evaluar la calidad

sanitaria del agua. Los resultados obtenidos según la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable se detallan a continuación:

**Tabla N° 5. Resultados del parámetro bacterias coliformes totales (época lluviosa)**

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			< 1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
<b>Estrato 1</b>	M8	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M52	170 NMP/100 mL	No conforme
	M87	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M95	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M200	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M208	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M215	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
<b>Estrato 2</b>	M30	130 NMP/100 mL	No conforme
	M33	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M80	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M153	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M178	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M266	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
<b>Estrato 3</b>	M26	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M76	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M130	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M186	1600 NMP/100 mL	No conforme
	M193	≥1600 NMP/100 mL	No conforme

**Tabla N° 6. Resultados del parámetro bacterias coliformes totales (época seca)**

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			< 1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
<b>Estrato 1</b>	M8	240 NMP/100 mL	No conforme
	M52	80 NMP/100 mL	No conforme

Tabla N° 6. Continuación

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			< 1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 1	M87	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M95	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M200	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M208	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M215	1600 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 2	M30	2 NMP/100 mL	No conforme
	M33	500 NMP/100 mL	No conforme
	M80	500 NMP/100 mL	No conforme
	M153	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M178	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M266	300 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 3	M26	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M76	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M130	≥1600 NMP/100 mL	No conforme
	M186	300 NMP/100 mL	No conforme
	M193	1600 NMP/100 mL	No conforme

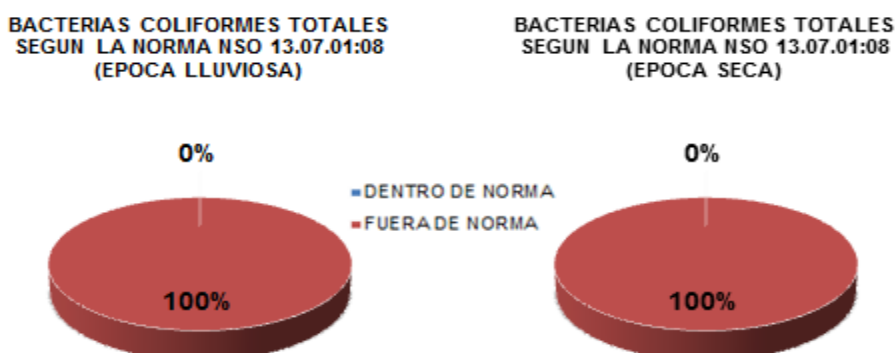


Figura N° 28. Resultados del parámetro bacterias coliformes totales (época lluviosa vs época seca)

La figura N° 28 muestra los resultados del parámetro bacterias coliformes totales. Encontrándose que, tanto en época lluviosa como en época seca, el 100 % de las muestras analizadas se encuentran **fuera de norma**; ya que los

valores obtenidos fueron superiores al límite máximo permisible (< 1.1 NMP/100 mL) según la NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable (Véase Tabla N° 5 y N° 6).

Los resultados indican que la contaminación con coliformes totales tiene un origen **fecal** y otro **no fecal** ya que los valores obtenidos para éstos, son mayores que los obtenidos para coliformes fecales (Véase Tabla N° 5, N° 6, N° 7 y N° 8). Existiendo contaminación tanto del suelo como de aguas superficiales, plantas y maleza, y excretas de origen humano y animal. Esto se debe a la presencia de tapas no adecuadas en los pozos, aguas residuales y encharcamientos, cucarachas en el interior de los pozos, letrinas y fosas sépticas a una distancia menor de 15 m. de los pozos, presencia de animales, pozos sin reborde de protección y sin revestimiento interno; tomando en cuenta que, estos factores contribuyen a la contaminación del agua de pozos directamente y a través de la infiltración, principalmente en época de lluvia. Sin embargo, la contaminación persiste, tanto en época lluviosa como en época seca.

**Tabla N° 7. Resultados del parámetro bacterias coliformes fecales (época lluviosa)**

Límite Máximo Permisible según Norma NSO 13.07.01:08			<1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
<b>Estrato 1</b>	M8	12 NMP/100 mL	No conforme
	M52	17 NMP/100 mL	No conforme
	M87	80 NMP/100 mL	No conforme
	M95	900 NMP/100 mL	No conforme
	M200	7 NMP/100 mL	No conforme
	M208	110 NMP/100 mL	No conforme
	M215	70 NMP/100 mL	No conforme
<b>Estrato 2</b>	M30	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M33	2 NMP/100 mL	No conforme
	M80	1600 NMP/100 mL	No conforme
	M153	22 NMP/100 mL	No conforme

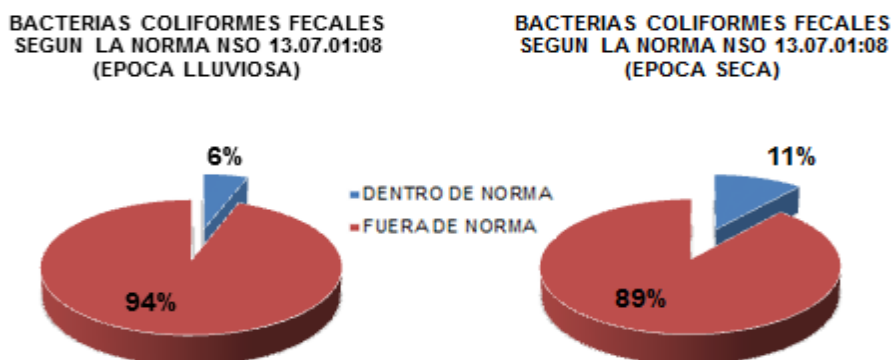
Tabla N° 7. Continuación

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			<1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 2	M178	900 NMP/100 mL	No conforme
	M266	900 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 3	M26	220 NMP/100 mL	No conforme
	M76	130 NMP/100 mL	No conforme
	M130	4 NMP/100 mL	No conforme
	M186	13 NMP/100 mL	No conforme
	M193	90 NMP/100 mL	No conforme

Tabla N° 8. Resultados del parámetro bacterias coliformes fecales (época seca)

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			<1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 1	M8	7 NMP/100 mL	No conforme
	M52	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M87	11 NMP/100 mL	No conforme
	M95	70 NMP/100 mL	No conforme
	M200	7 NMP/100 mL	No conforme
	M208	90 NMP/100 mL	No conforme
	M215	4 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 2	M30	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M33	2 NMP/100 mL	No conforme
	M80	300 NMP/100 mL	No conforme
	M153	6 NMP/100 mL	No conforme
	M178	500 NMP/100 mL	No conforme
	M266	22 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 3	M26	220 NMP/100 mL	No conforme
	M76	40 NMP/100 mL	No conforme
	M130	2 NMP/100 mL	No conforme
	M186	2 NMP/100 mL	No conforme
	M193	50 NMP/100 mL	No conforme





**Figura N° 29. Resultados del parámetro bacterias coliformes fecales (época lluviosa vs época seca)**

La Figura N° 29 muestra los resultados del parámetro bacterias coliformes fecales. Encontrándose que; el 94 % de las muestras analizadas durante la época lluviosa y el 89 % durante la época seca se encuentran **fuera de norma**; ya que los valores obtenidos para dichas muestras fueron superiores al límite máximo permisible (< 1.1 NMP/100 mL) según la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable (Véase Tabla N° 7 y N° 8). Observándose una disminución de las muestras **fuera de norma** en un 5 % durante la época seca.

Los resultados indican que el agua de pozo está contaminada con excretas de origen humano y animal; con alto potencial de causar enfermedades en las personas que la consumen. Esto se debe a la presencia de cucarachas en el interior de los pozos, letrinas y fosas sépticas a una distancia menor de 15 m. de los pozos, y por excretas de animales. Existiendo mayor contaminación durante la época lluviosa; ya que la lluvia arrastra e infiltra dichos contaminantes a través del suelo; llegando así, hasta las aguas subterráneas.

**Tabla N° 9. Resultados del parámetro *Escherichia coli* (época lluviosa)**

Límite Máximo Permisible según Norma NSO 13.07.01:08			<1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 1	M8	9 NMP/100 mL	No conforme

Tabla N° 9. Continuación

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			<1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 1	M52	4 NMP/100 mL	No conforme
	M87	80 NMP/100 mL	No conforme
	M95	900 NMP/100 mL	No conforme
	M200	7 NMP/100 mL	No conforme
	M208	110 NMP/100 mL	No conforme
	M215	70 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 2	M30	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M33	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M80	1600 NMP/100 mL	No conforme
	M153	22 NMP/100 mL	No conforme
	M178	900 NMP/100 mL	No conforme
	M266	900 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 3	M26	80 NMP/100 mL	No conforme
	M76	40 NMP/100 mL	No conforme
	M130	4 NMP/100 mL	No conforme
	M186	8 NMP/100 mL	No conforme
	M193	50 NMP/100 mL	No conforme

Tabla N° 10. Resultados del parámetro *Escherichia coli* (época seca)

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			<1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 1	M8	4 NMP/100 mL	No conforme
	M52	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M87	4 NMP/100 mL	No conforme
	M95	50 NMP/100 mL	No conforme
	M200	7 NMP/100 mL	No conforme
	M208	90 NMP/100 mL	No conforme
	M215	4 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 2	M30	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M33	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M80	300 NMP/100 mL	No conforme
	M153	2 NMP/100 mL	No conforme

Tabla N° 10. Continuación

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			<1.1 NMP/100 mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 2	M178	500 NMP/100 mL	No conforme
	M266	22 NMP/100 mL	No conforme
Estrato 3	M26	80 NMP/100 mL	No conforme
	M76	40 NMP/100 mL	No conforme
	M130	<1.1 NMP/100 mL	<b>Conforme</b>
	M186	2 NMP/100 mL	No conforme
	M193	50 NMP/100 mL	No conforme

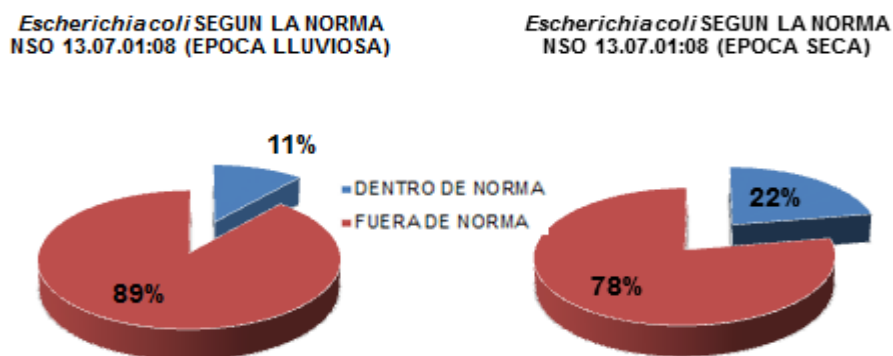


Figura N° 30. Resultados del parámetro *Escherichia coli* (época lluviosa vs época seca)

La Figura N° 30 muestra los resultados del parámetro *Escherichia coli*. Encontrándose que; el 89 % de las muestras analizadas durante la época lluviosa y el 78 % durante la época seca se encuentran **fuera de norma**; ya que los valores obtenidos para dichas muestras fueron superiores al límite máximo permisible (< 1.1 NMP/100 mL) según la NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable (Véase Tabla N° 9 y N° 10). Observándose una disminución de las muestras **fuera de norma** en un 11 % durante la época seca.

Los resultados indican que el agua de pozo esta contaminada con excretas de origen humano y animal; existiendo un alto riesgo de la presencia de

organismos patógenos. Esto se debe a la presencia de cucarachas en el interior de los pozos, letrinas y fosas sépticas a una distancia menor de 15 m. de los pozos, y por excretas de animales. Existiendo mayor contaminación durante la época lluviosa; al igual que en el parámetro coliformes fecales.

**Tabla N° 11. Resultados del parámetro bacterias mesófilas aerobias (época lluviosa)**

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			100 UFC/mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
<b>Estrato 1</b>	M8	600 UFC/mL	No conforme
	M52	35 UFC/mL	<b>Conforme</b>
	M87	1100 UFC/mL	No conforme
	M95	1600 UFC/mL	No conforme
	M200	1000 UFC/mL	No conforme
	M208	3000 UFC/mL	No conforme
	M215	2600 UFC/mL	No conforme
<b>Estrato 2</b>	M30	1200 UFC/mL	No conforme
	M33	1400 UFC/mL	No conforme
	M80	150 UFC/mL	No conforme
	M153	1500 UFC/mL	No conforme
	M178	4200 UFC/mL	No conforme
	M266	4000 UFC/mL	No conforme
<b>Estrato 3</b>	M26	1000 UFC/mL	No conforme
	M76	400 UFC/mL	No conforme
	M130	450 UFC/mL	No conforme
	M186	900 UFC/mL	No conforme
	M193	1500 UFC/mL	No conforme

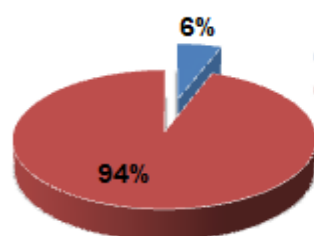
**Tabla N° 12. Resultados del parámetro bacterias mesófilas aerobias (época seca)**

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			100 UFC/mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
<b>Estrato 1</b>	M8	510 UFC/mL	No conforme

Tabla N° 12. Continuación

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			100 UFC/mL
Estrato	Código de muestra	Valor obtenido	Resultado
Estrato 1	M52	<10 UFC/mL	Conforme
	M87	890 UFC/mL	No conforme
	M95	1500 UFC/mL	No conforme
	M200	800 UFC/mL	No conforme
	M208	2600 UFC/mL	No conforme
	M215	2400 UFC/mL	No conforme
Estrato 2	M30	<10 UFC/mL	Conforme
	M33	130 UFC/mL	No conforme
	M80	130 UFC/mL	No conforme
	M153	1400 UFC/mL	No conforme
	M178	3800 UFC/mL	No conforme
	M266	1900 UFC/mL	No conforme
Estrato 3	M26	850 UFC/mL	No conforme
	M76	360 UFC/mL	No conforme
	M130	330 UFC/mL	No conforme
	M186	850 UFC/mL	No conforme
	M193	1100 UFC/mL	No conforme

BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS  
SEGUN LA NORMA NSO 13.07.01:08  
(EPOCA LLUVIOSA)



BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS  
SEGUN LA NORMA NSO 13.07.01:08  
(EPOCA SECA)

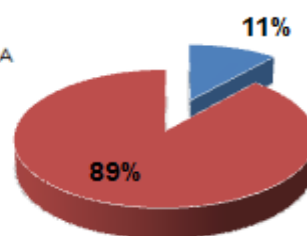


Figura N° 31. Resultados del parámetro bacterias mesófilas aerobias  
(época lluviosa vs época seca)

La Figura N° 31 muestra los resultados del parámetro bacterias mesófilas aerobias. Encontrándose que; el 94 % de las muestras analizadas durante la época lluviosa y el 89 % durante la época seca se encuentran **fuera de norma**;

ya que los valores obtenidos para dichas muestras fueron superiores al límite máximo permisible ( $< 1.1$  NMP/100 mL) según la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable (Véase Tabla N° 11 y N° 12). Observándose una disminución de las muestras “fuera de norma” en un 5 % durante la época seca.

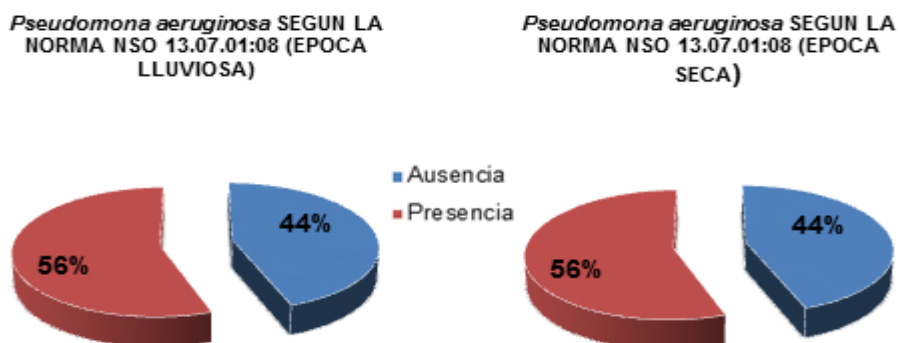
Los resultados indican que existe contaminación proveniente de los basurales identificados en las cercanías de los pozos, las tapas no adecuadas de los mismos, el mal estado de conservación de las cañerías de descarga e incluso la falta de reborde de protección (brocal). Y que la contaminación persiste, tanto en época lluviosa como en época seca.

**Tabla N° 13. Resultados del parámetro *Pseudomona aeruginosa* (época lluviosa)**

Límite Máximo Permisible según Norma NSO 13.07.01:08			Ausencia
Estrato	Código de muestra	Presencia/Ausencia	Resultado
<b>Estrato 1</b>	M8	Presencia	No conforme
	M52	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M87	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M95	Presencia	No conforme
	M200	Presencia	No conforme
	M208	Presencia	No conforme
	M215	Ausencia	<b>Conforme</b>
<b>Estrato 2</b>	M30	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M33	Presencia	No conforme
	M80	Presencia	No conforme
	M153	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M178	Presencia	No conforme
	M266	Presencia	No conforme
<b>Estrato 3</b>	M26	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M76	Presencia	No conforme
	M130	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M186	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M193	Presencia	No conforme

**Tabla N° 14. Resultados del parámetro *Pseudomona aeruginosa* (época seca)**

Límite Máximo Permissible según Norma NSO 13.07.01:08			Ausencia
Estrato	Código de muestra	Presencia/Ausencia	Resultado
<b>Estrato 1</b>	M8	Presencia	No conforme
	M52	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M87	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M95	Presencia	No conforme
	M200	Presencia	No conforme
	M208	Presencia	No conforme
	M215	Ausencia	<b>Conforme</b>
<b>Estrato 2</b>	M30	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M33	Presencia	No conforme
	M80	Presencia	No conforme
	M153	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M178	Presencia	No conforme
	M266	Presencia	No conforme
<b>Estrato 3</b>	M26	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M76	Presencia	No conforme
	M130	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M186	Ausencia	<b>Conforme</b>
	M193	Presencia	No conforme



**Figura N° 32. Resultados del parámetro *Pseudomona aeruginosa* (época lluviosa vs época seca)**

La Figura N° 32 muestra los resultados del parámetro ***Pseudomona aeruginosa***. Encontrándose que; tanto en época lluviosa como en época seca, hubo **presencia** de ***Pseudomona aeruginosa*** en el 56 % de las muestras analizadas. Por lo tanto, dichas muestras no cumplen con el parámetro ***Pseudomona aeruginosa*** ya que la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable especifica la ausencia de microorganismos patógenos (Véase Tabla N° 13 y N° 14). Observándose que la contaminación persiste durante las dos épocas del año.

Los resultados indican que existe contaminación a causa de la falta de limpieza de los pozos manifestado por las algas encontradas en las paredes de éstos; mal estado de conservación y falta de limpieza de la cañería de descarga; así como, la contaminación procedente del mismo suelo, en el cual puede encontrarse presente ***Pseudomona aeruginosa***. La cual puede causar enfermedades en personas con defensas bajas. Su presencia representa un alto riesgo a la salud.



**Tabla N° 15. Resumen de resultados de los parámetros determinados (época lluviosa)**

LMP según Norma NSO 13.07.01:08		< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	100 UFC/mL	Ausencia	Resultado Final
Parámetro		CT	CF	EC	BMA	PA	
Estrato	Código de muestra	Valores obtenidos					
Estrato 1	M8	≥1600 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	9 NMP/100 mL	600 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M52	170 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	35 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M87	≥1600 NMP/100 mL	11 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	1100 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M95	≥1600 NMP/100 mL	70 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	1600 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M200	≥1600 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	1000 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M208	≥1600 NMP/100 mL	90 NMP/100 mL	110 NMP/100 mL	3000 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M215	≥1600 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	70 NMP/100 mL	2600 UFC/mL	Ausencia	No conforme
Estrato 2	M30	130 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	1200 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M33	≥1600 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	1400 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M80	≥1600 NMP/100 mL	300 NMP/100 mL	1600 NMP/100 mL	150 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M153	≥1600 NMP/100 mL	6 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	1500 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M178	≥1600 NMP/100 mL	500 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	4200 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M266	≥1600 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	4000 UFC/mL	Presencia	No conforme
Estrato 3	M26	≥1600 NMP/100 mL	220 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	1000 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M76	≥1600 NMP/100 mL	40 NMP/100 mL	40 NMP/100 mL	400 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M130	≥1600 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	450 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M186	1600 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	8 NMP/100 mL	900 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M193	≥1600 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	1500 UFC/mL	Presencia	No conforme

**LMP: Límite Máximo Permisible**  
**CT: Bacterias coliformes totales**

**CF: Bacterias coliformes fecales**  
**EC: Escherichia coli**

**BMA: Bacterias mesófilas aerobias**  
**PA: Pseudomona aeruginosa**

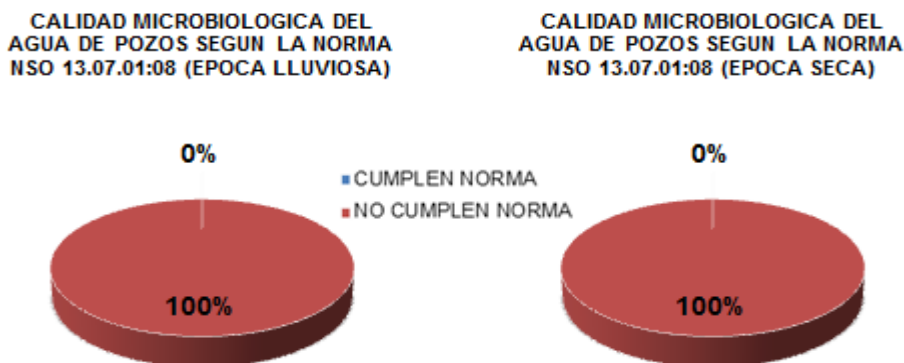
**Tabla N° 16. Resumen de resultados de los parámetros determinados (época seca)**

LMP según Norma NSO 13.07.01:08		< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	100 UFC/mL	Ausencia	Resultado Final
Parámetro		CT	CF	EC	BMA	PA	
Estrato	Código de muestra	Valores obtenidos					
Estrato 1	M8	240 NMP/100 mL	12 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	510 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M52	80 NMP/100 mL	17 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<10 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M87	≥1600 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	890 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M95	≥1600 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	1500 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M200	≥1600 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	800 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M208	≥1600 NMP/100 mL	110 NMP/100 mL	90 NMP/100 mL	2600 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M215	1600 NMP/100 mL	70 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	2400 UFC/mL	Ausencia	No conforme
Estrato 2	M30	2 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<10 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M33	500 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	130 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M80	500 NMP/100 mL	1600 NMP/100 mL	300 NMP/100 mL	130 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M153	≥1600 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	1400 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M178	≥1600 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	500 NMP/100 mL	3800 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M266	300 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	1900 UFC/mL	Presencia	No conforme
Estrato 3	M26	≥1600 NMP/100 mL	220 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	850 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M76	≥1600 NMP/100 mL	130 NMP/100 mL	40 NMP/100 mL	360 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M130	≥1600 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	330 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M186	300 NMP/100 mL	13 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	850 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M193	1600 NMP/100 mL	90 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	1100 UFC/mL	Presencia	No conforme

**LMP: Límite Máximo Permissible**  
**CT: Bacterias coliformes totales**

**CF: Bacterias coliformes fecales**  
**EC: Escherichia coli**

**BMA: Bacterias mesófilas aerobias**  
**PA: Pseudomona aeruginosa**



**Figura N° 33. Gráficos de resultados de la calidad microbiológica del agua de pozos (época lluviosa vs época seca)**

La Figura N° 33 muestra los resultados sobre la calidad microbiológica del agua de pozos. Encontrándose que; tanto en época lluviosa como en época seca, el 100 % de las muestras analizadas no cumplen con lo especificado en la norma NSO 13.07.01:08; ya que, al menos uno de los parámetros determinados se encuentra **fuera de norma** (Véase Tabla N° 15 y N° 16).

Los resultados indican que el agua de pozo no es apta para el consumo humano y que representa un riesgo para la salud de la población que la utiliza.

### **5.3. CHARLA EDUCATIVA** (Véase Anexo N° 18, N° 19 y N° 20)

Se impartió una charla educativa en el Centro Escolar colonia La Carmenza acerca de las condiciones higiénicas sanitarias que se deben de mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua. Logrando que los participantes:

- Conocieran la calidad microbiológica del agua de pozo y los factores de contaminación identificados, explicándoles detalladamente que indica cada uno de los parámetros determinados.

- Hicieran conciencia sobre la importancia de poner en práctica medidas orientadas a evitar la contaminación del agua de pozo. Asimismo, sobre el riesgo a la salud que implica consumir o utilizar agua contaminada.
- Tengan alternativas fáciles y efectivas para desinfectar el agua para consumo humano; previniendo de esta forma las enfermedades de origen hídrico.
- Expresaran sus dudas, experiencias e incluso hicieran recomendaciones, las cuales se incluyen en el capítulo correspondiente.

#### **5.4. ENTREGA DE RESULTADOS**

Se hizo entrega de los resultados obtenidos a las autoridades de la Unidad de Salud El Zamorán y Alcaldía Municipal de San Miguel; los cuales se comprometieron a llevar a cabo las medidas necesarias y competentes al respecto, orientadas a darle una solución al problema; tomando en cuenta para ello, las recomendaciones propuestas (Véase Anexo N° 21, N° 22 y N° 23)

## **VI. CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

1. La contaminación del agua de pozos de la colonia La Carmenza por coliformes fecales, *Escherichia coli* y bacterias mesófilas aerobias es mayor en época lluviosa que en época seca. Mientras que, la contaminación por coliformes totales y *Pseudomona aeruginosa* persiste tanto en época lluviosa como en época seca. Considerándose que el riesgo a la salud por el consumo de dicha agua es mayor durante la época lluviosa, porque la lluvia arrastra e infiltra dichos contaminantes a través del suelo.
2. El 100 % de las muestras de agua de pozos analizadas no cumple con los límites máximos permisibles que especifica la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable. Por tanto, el agua de pozos de la colonia La Carmenza no es apta para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico.
3. Los principales factores de contaminación del agua de pozos de la colonia La Carmenza son: la presencia de algas en las paredes (88.89 %) que favorece la colonización de microorganismos, entre ellos *Pseudomona aeruginosa*; la presencia de basurales en las cercanías de los pozos (77.78 %), lo cual crea las condiciones idóneas para la proliferación de microorganismos, insectos y roedores; las aguas residuales y encharcamientos (72.72%) que contaminan los pozos directamente y a través de la infiltración; y la ausencia de una tapadera adecuada (72.22%), lo cual permite el ingreso de partículas contaminantes y objetos extraños al interior del pozo.

4. El agua de pozos de la colonia La Carmenza se encuentra contaminada con excretas tanto de origen humano como animal, existiendo un riesgo potencial de la presencia de organismos patógenos de origen fecal, los cuales pueden ser transmitidos por el agua.
  
5. La utilización del agua de pozos de la colonia La Carmenza para el consumo humano y/o uso doméstico, constituye un alto riesgo a la salud ya que ésta se encuentra contaminada con ***Escherichia coli*** y ***Pseudomona aeruginosa***, microorganismos causantes de enfermedades gastrointestinales e infecciones cutáneas y de las mucosas; las cuales forman parte de los reportes epidemiológicos de la Unidad de Salud El Zamorán de San Miguel.

## **VII. RECOMENDACIONES**



## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Establecer las condiciones higiénico-sanitarias adecuadas en los pozos y sus alrededores tales como tapar y proteger el pozo, conservar una distancia mínima de 15 m. entre el pozo y la letrina, evitar la presencia de basura, animales y aguas residuales; de manera que garanticen la ausencia total de factores de contaminación microbiana.
2. En el caso de utilizar el agua de pozo para el consumo humano y/o uso doméstico, desinfectarla adecuadamente utilizando métodos fáciles y efectivos como ebullición, cloración, Puriagua o SODIS; de manera que garantice la inactivación de los agentes patógenos.
3. Que la Unidad de Salud El Zamorán de San Miguel de a conocer sobre la disposición del Puriagua a los habitantes de la colonia La Carmenza y realice capacitaciones constantes sobre el uso adecuado del mismo, ya que hay muchas personas que no lo conocen ni saben donde adquirirlo.
4. Que la Unidad de Salud El Zamorán de San Miguel gestione la implementación de un programa de control y vigilancia de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, incluyendo el análisis completo de todos los parámetros exigidos por la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable con el objetivo de verificar que estos se encuentren dentro de los límites máximos permisibles.
5. Que la Alcaldía Municipal en conjunto con los habitantes de la colonia La Carmenza, adopten y se comprometan con acciones tecnológicas dirigidas al saneamiento básico, tales como:

- a) Gestionar con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) o una Organización No Gubernamental (ONG) la implementación de sistemas de recolección en red de tuberías con arrastre hidráulico (Alcantarillado convencional o Alcantarillado condominial). Lo cual, permita el manejo y disposición final adecuada de las aguas residuales y excretas. Ya que la disposición sin red de recolección (in situ), está causando la contaminación de las fuentes subterráneas de agua.
  
- b) Implementar un sistema de recolección, manejo y disposición final adecuada de la basura. Ya que ésta, es un factor de contaminación que atrae roedores e insectos y que esta causando la contaminación de las aguas subterráneas de la colonia.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Alcaldía Municipal de san miguel [sede Web]. San Miguel, ES. [acceso 10 de abril de 2011] Ubicación geográfica y población de la colonia la Carmenza. Disponible en: <http://www.alcaldiasanmiguel.gob.sv/ubicacion.html>
2. APHA (American Public Health Association, EE.UU.), AWWA (American Water Works Association, EE.UU.) y WEF (Water Environment Federation, EE. UU.). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. Washington DC, EE. UU. Part. 9000
3. Badía E. 2010. Opinando sin política. Diario colatino [sede Web]. San Salvador, ES, Oct. 5. p. 1. [acceso 15 ene. 2011]. Disponible en: <http://www.diariocolatino.com/es/20101005/opiniones/84980/>
4. Bellido A. 2004. Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales [internet]. Lima, Perú. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. p. 17-24. [acceso 5 feb. 2011]. Disponible en:  
<http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%203%20Bombeo/Manual%20de%20perforaci%C3%B3n%20manual%20de%20pozos%20con%20bombas%20manuales.pdf>
5. Biblioteca virtual en salud y desastres Guatemala. Guía Metodológica sobre higiene básica [sede Web]. [acceso 12 de julio de 2011]. Disponible en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc12541/doc12541-2.pdf>
6. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), OPS (Organización Panamericana de la Salud). El agua para tomar. Manual de Educación Sanitaria para la persona facilitadora. 1998. [acceso 6 de julio de 2011]. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/pciudada/aguaman/aguaman.html>

7. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, ES). 2008. Norma Salvadoreña Agua. Agua potable. (Segunda actualización). NSO 13.07.01:08 [internet]. San Salvador, ES. 20 p. [acceso 10 de marzo de 2011]. Disponible en:  
<http://www.infoq.org.sv/dbnormas/NSO 13.07.01.08.pdf>
8. Cornejo López, K; Esquivel Merino, I. 2008. Determinación de la contaminación microbiológica del manantial El Paterno ubicado en el municipio de Sensuntepeque, departamento de Cabañas. Trabajo de Graduación Lic. en Química y Farmacia. Universidad Nacional de El Salvador. 71 p.
9. El agua [sede Web]. España: Ismail Ali Gago. [actualizado 15 de Agosto de 2002; acceso 19 de abril de 2011] Propiedades del agua. Disponible en:  
<http://platea.pntic.mec.es/iali/personal/agua/agua/propieda.htm>
10. FDA (Food and Drug Administration). 2000. Bacteriological Analytical Manual [internet]. 8 rev. Arlington, USA. AOAC (Association of Analytical Communities). [acceso 15 de marzo de 2011]. Disponible en:  
<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm>
11. Fundación SODIS. Desinfección solar. Guía de aplicación [Base de datos en internet]. Lima, Perú. 2003. [acceso 30 de julio de 2011]. Disponible en:  
[http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente\\_material/manual\\_s.pdf](http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_s.pdf)

12. Giraldo Fernández B. 2004. Guía de promoción y desarrollo comunitario para asegurar la calidad del agua en los países en desarrollo [internet]. Lima, Perú. OPS/CEPIS/Pub. 04.104. Abril, 2004. 90 p. [acceso 13 de marzo de 2011]. Disponible en:  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/guiapromo.pdf>
  
13. Marchand Pajares E. 2002. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana [internet]. Trabajo de graduación Blgo. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Universidad del Perú, Decana de América). 71 p. [acceso 24 de abril de 2011]. Disponible en:  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/marchand\\_p\\_e/tesis\\_completo.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/marchand_p_e/tesis_completo.pdf)
  
14. Ministerio de Salud de El Salvador, OPS (Organización Panamericana de la Salud), PRO VIDA Asociación salvadoreña de ayuda humanitaria. Desinfección de agua, frutas y verduras [internet]. [acceso 3 de julio de 2011]. Disponible en:  
[http://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/promocion\\_salud/material\\_educativo/componente\\_agua\\_saneamiento/afiches/pdf/afiches\\_agua\\_saneamiento\\_ops.pdf](http://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/promocion_salud/material_educativo/componente_agua_saneamiento/afiches/pdf/afiches_agua_saneamiento_ops.pdf)
  
15. Ministerio de Salud. El Salvador. Memoria de labores 2009-2010: ¿De que se enferma y muere la población salvadoreña? [sede Web] ES. [acceso 25 de marzo de 2011]. Disponible en:  
<http://www.salud.gob.sv/index.php/servicios/descargas/documentos/Documentación-Institucional/Memorias-de-Labores/Memoria-de-Labores-2009-2010/Capítulo-II.-¿De-qué-se-enferma-y-muere-la-población-salvadoreña/>

16. NMX-AA-042-SCFI-2005. Calidad del agua. -Determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva [internet]. México D.F.A. 22 p. [acceso 17 de abril de 2011]. Disponible en: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2005/proy-nmx-aa-042-scfi-2005.pdf>
  
17. OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. La meta de los ODM relativa al agua potable y el saneamiento: El reto del decenio para zonas urbanas y rurales [internet]. [acceso 18 de marzo de 2011]. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/mdg\\_es.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/mdg_es.pdf)
  
18. OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2003. Vulnerabilidad de los Sistemas de Abastecimientos de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Rurales de El Salvador. [internet]. San Salvador, ES. Jenkins, J. J. p. 10-12, 15-16. [acceso 7 de febrero de 2011]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/vulnerabilidad2/vulnerabilidad2.pdf>
  
19. OPS (Organización Panamericana de la Salud). Guía técnica sobre saneamiento, agua y salud. Tratamiento de emergencia de agua potable en el lugar de consumo. 2009 [internet]. [acceso 7 de julio de 2011]. Disponible en: [http://contacto.med.puc.cl/MOT/Material\\_Operativos\\_en\\_Terreno/OPS\\_Saneamiento\\_Agua\\_y\\_Salud/OPS.\\_Tratamiento\\_emergencia\\_agua\\_potable\\_lugar\\_consumo.pdf](http://contacto.med.puc.cl/MOT/Material_Operativos_en_Terreno/OPS_Saneamiento_Agua_y_Salud/OPS._Tratamiento_emergencia_agua_potable_lugar_consumo.pdf)
  
20. OPS (Organización Panamericana de la Salud). Prevención de la contaminación y mantenimiento de equipos [base de datos en internet]. [acceso 20 de abril de 2011]. Disponible en:

<http://200.10.250.206/bvsapi/fulltext/perforacion/cap5.pdf>

21. Pita Fernández, S. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Determinación del tamaño de muestra. [internet]. La Coruña, España. [fecha de actualización 1 de diciembre de 2010; acceso 18 de marzo de 2011]. Disponible en:  
<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>
  
22. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas [internet]. Cap. 20. [acceso 7 de marzo de 2011]. Disponible en:  
[http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)
  
23. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas [internet]. Cap. 13. [acceso 9 de marzo de 2011]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/riesgo.pdf>
  
24. SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2005. Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador componente evaluación de recursos hídricos [internet]. San Salvador, ES. p. 34-36, 102. [acceso 7 de febrero 2011]. Disponible en:  
<http://www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf>
  
25. SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2011. Informe Climatológico de El Papalón. San Miguel, ES. 2 p.



26. Spiegel M. R. 2003. Probabilidad y estadística. 2 ed. Mexico. Ed. McGRAW-HILL. Trad. J.R. Suarez. 388 p.
27. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2003. Agua para todos agua para la vida: Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo [internet]. Paris, Francia. [acceso 22 de marzo de 2011]. Disponible en:  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf> paris, francia
28. Unidad de Salud El Zamorán. Reporte de enfermedades gastrointestinales 2010-2011. San Miguel, ES. 36 p.
29. Unidad de Salud El Zamorán. Reporte epidemiológico anual 2010. San Miguel, ES. 24 p.
30. UNIVO (Universidad de Oriente). Propuesta para el desarrollo estratégico de la protección de agua subterráneas y caracterización de acuíferos de la ciudad de San Miguel [sede Web]. San Miguel ES. [acceso 28 de abril de 2011]. Disponible en:  
[http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019925/019925\\_Cap2.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019925/019925_Cap2.pdf)

## **GLOSARIO**

- **Agua potable:** aquella apta para el consumo humano y que cumple con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos (2).
- **Agua tratada:** corresponde al agua cuyas características han sido modificadas por medio de procesos físicos, químicos, biológicos o cualquiera de sus combinaciones (2).
- **Bacterias mesófilas aerobias:** son bacterias que viven en presencia de oxígeno libre a temperaturas entre 15 °C y 45 °C (2), (10).
- **Colonias:** grupos discretos de microorganismos sobre una superficie, en oposición al crecimiento disperso en un medio de cultivo líquido (2), (10).
- **Cromógeno:** es un sustrato coloreado que es activado por una enzima con actividad beta-D-galactosidasa (2).
- **Desinfección del agua:** es el proceso que asegura la inactivación de los agentes patógenos que la contaminan mediante la aplicación de tratamientos químicos o métodos físicos adecuados (14).
- ***Escherichia coli:*** bacterias aerobias o anaerobias facultativas, gram-negativa, no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal (2), (10).
- **Fluorógeno:** es un sustrato que es activado por una enzima con actividad beta-glucuronidasa (2).

- **Grupo coliforme fecal o termotolerantes:** son bacterias coliformes que se multiplican a  $44,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente (2), (10).
- **Grupo coliforme total:** son bacterias en forma de bacilos, anaerobios facultativos, gramnegativos, no formadores de esporas. Es indicador de contaminación microbiana (2), (10).
- **Indicador de contaminación microbiana:** son microorganismos no patógenos frecuentemente asociados a patógenos, utilizados para reflejar el riesgo de la presencia de agentes causantes de enfermedades (10).
- **Límite Máximo Permissible (LMP):** es la concentración del parámetro por encima del cual el agua no es potable (7).
- **Número Más Probable (NMP):** este número da un valor estimado de la densidad media de bacterias coliformes en una muestra de agua (2).
- **Parámetro:** es aquella característica que es sometida a medición (7).
- **Placa vertida:** método utilizado para el conteo de bacterias heterótrofas en el que un medio sólido fundido y enfriado a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se vierte dentro de cajas de petri que contienen una cantidad definida de muestra. El resultado se expresa en unidades formadoras de colonias UFC/ml (2), (10).
- ***Pseudomonas aeruginosa*:** es una bacteria Gram-negativa, aeróbica, con motilidad unipolar. Se encuentra en el suelo, en el agua; prolifera en

ambientes húmedos, es altamente resistente al cloro y es un patógeno oportunista (10).

- **Unidades Formadoras de Colonias (UFC):** expresa el número de colonias originadas a partir de una célula, pares, cadenas o agrupaciones de células (2), (10).
- **Vigilancia sanitaria del agua:** es la permanente y sistemática evaluación de las condiciones sanitarias del agua, ejercida por la autoridad sanitaria competente, con el objeto principal de proteger la salud de la población (2).

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 1**

**10 PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD AÑO 2010**

**EN EL MENOR DE 5 AÑOS.**

**UNIDAD DE SALUD EL ZAMORAN.**

1. INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS.
2. GASTROENTERITIS AGUDAS.
3. NEUMONIAS.
4. CONJUNTIVITIS BACTERIANA.
5. AMIBIASIS INTESTINAL.
6. GIARDIASIS.
7. DENGUE CLASICO.
8. DENGUE HEMORRAGICO.
9. MORDEDURAS POR ANIMAL TRANSMISOR DE RABIA.
10. VARICELA.

FUENTE:  
REPORTE EPIDEMIOLOGICO SEMANAL 2010

**Figura N° 4. Reporte epidemiológico: 10 primeras causas de morbilidad en el año 2010 en el menor de 5 años en la Unidad de Salud El Zamorán de San Miguel (29).**

ANEXO N° 2

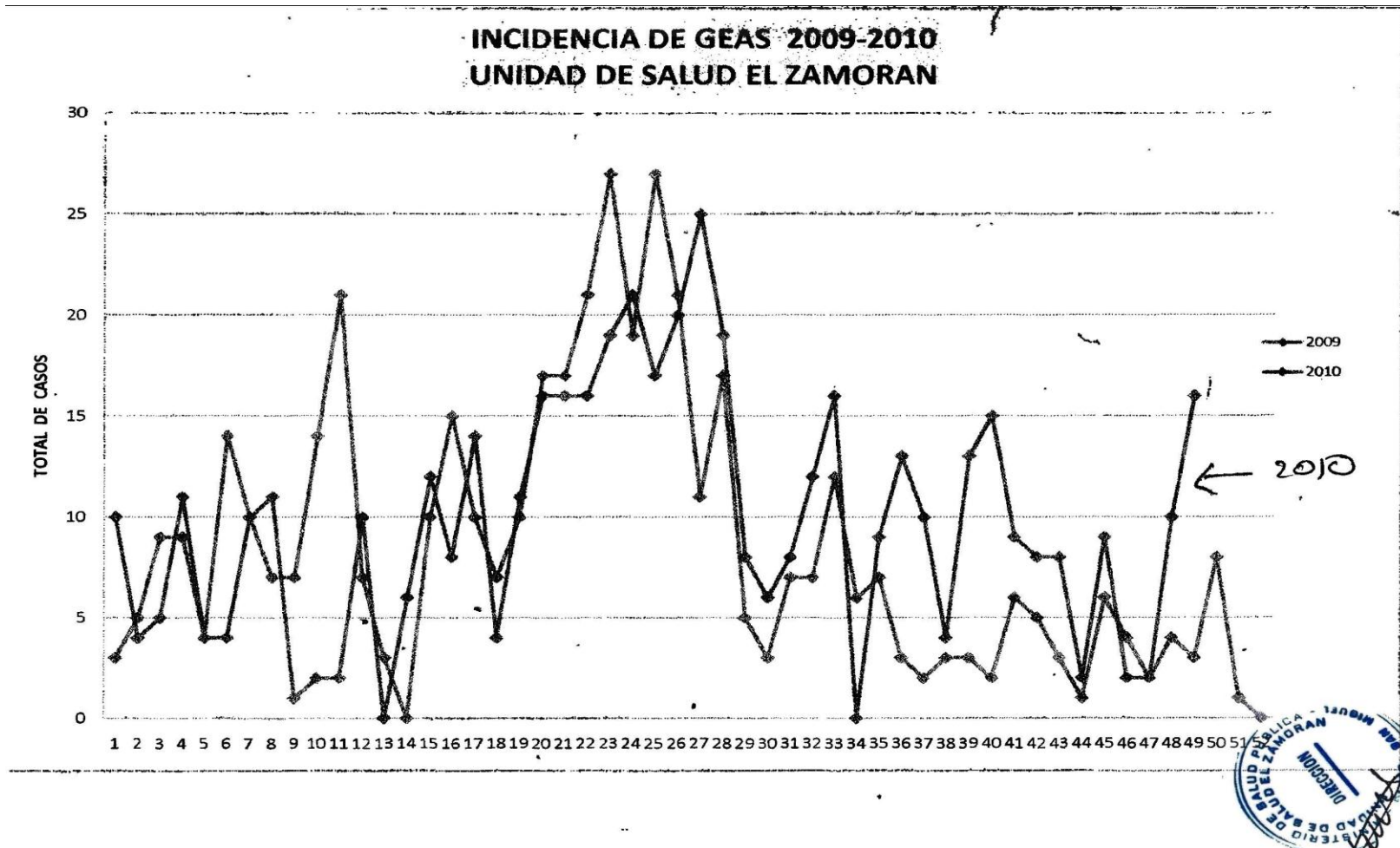


Figura N° 5. Incidencia de gastroenteritis agudas 2009-2010 en la unidad de salud El Zamorán de San Miguel (28)



ANEXO N° 3

INCIDENCIA DE GEAS 2010-2011  
UNIDAD DE SALUD EL ZAMORAN

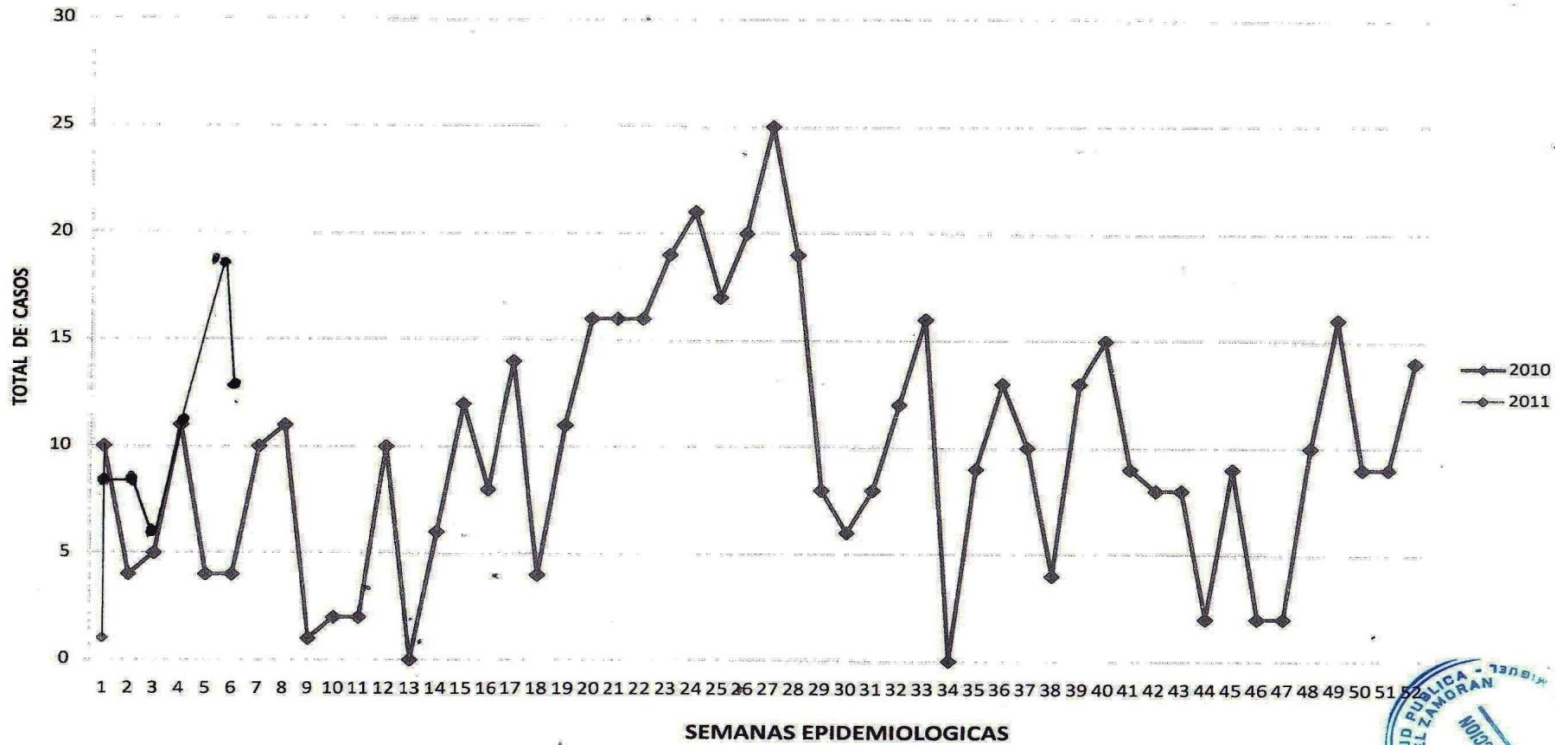


Figura N° 6. Incidencia de gastroenteritis agudas 2010-2011 en la unidad de salud El Zamorán de San Miguel (28)

## ANEXO N° 4

**Cuadro N° 1. Actividades restringidas en los perímetros de protección de pozos (20)**

ACTIVIDAD POTENCIALMENTE CONTAMINANTE	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV
<b>Saneamiento In Situ</b>				
Unifamiliar	N	N	A	A
Edificio	N	N	PA	A
Estación gasolinera	N	N	PN	PA
Aeropuertos	N	N	PN	PA
<b>Disposición de Residuos sólidos</b>				
Doméstico municipal	N	N	N	PN
Materiales construcción	N	N	PA	PA
Residuos peligrosos	N	N	N	N
Industrias Clase I	N	N	N	PN
Industrias Clase II y III	N	N	N	N
Cementerios	N	N	PN	A
Incinerador de residuos sólidos	N	N	N	PN
<b>Minería</b>				
Materiales de construcción	N	N	PN	PA
Otros incluyendo petróleo y gas	N	N	N	N
Líneas de combustible	N	N	N	PN
<b>Industrias</b>				
Clase I	N	N	PN	PA
Clase II y III	N	N	N	N
Instalaciones militares	N	N	N	N
<b>Laguna de efluentes</b>				
Municipal/agua de enfriamiento	N	N	PA	A
Industrial			N	N
<b>Drenaje/Infiltración/Accidentes</b>				
Aguas lluvias (techos de las casas)	PA	A	A	A
Carreteras principales	N	N	N	PN
Carreteras secundarias	N	PN	PA	PA
Áreas de recreación	N	PA	PA	A
Parqueos	N	N	PN	PA
Áreas industriales	N	N	N	PN
Ferrocarriles y aeropuertos	N	N	N	PN
<b>Infiltración de efluentes en el suelo</b>				
Industrias alimenticia	N	N	PN	PA
Otras industrias	N	N	N	N
Efluentes de desagüe	N	N	N	PN
Lodo de desagüe	N	N	PN	PA
Escurrimiento de corrales	N	N	PN	A
<b>Cría intensiva de ganado</b>				
Efluentes en lagunas	N	N	PN	PN
Desagüe de corrales	N	N	PA	PA
<b>Actividad agrícola</b>				
Uso de pesticidas	N	N	A	A
Uso no controlado de fertilizantes	N	N	PN	PN
Almacenamiento de pesticidas	N	N	PA	PA

**N** No aceptable en virtualmente todos los casos

**PN** Probablemente no aceptable, excepto en algunos casos con estudios detallados y proyectos especiales

**PA** Probablemente aceptable, sujeto a estudios y proyectos espec.

**A** Aceptable con proyectos especiales

**I** Zona inmediata

**II** Zona Próxima

**III** Zona Lejana

**IV** Zona de recarga

## ANEXO N° 5

**Cuadro N° 4. Principales bacterias transmitidas por el agua (23)**

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Sintomas clinicos
<i>Salmonella typhi</i>	Heces, orina	7 - 28 días (14)	5 - 7 días (semanas – meses)	Fiebre, tos, nausea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
<i>Salmonella sp.</i>	Heces	8 - 48 horas	3 - 5 días	Diarrea acuosa con sangre
<i>Shigellae sp.</i>	Heces	1 - 7 días	4 - 7 días	Disentería (diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	9 - 72 horas	3 - 4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación
<i>V. cholerae</i> No.-01	Heces	1 - 5 días	3 - 4 días	Diarrea acuosa
<i>Eschericia coli</i> <i>enterohemorrágica</i> O157:H7	Heces	3 - 9 días	1 - 9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre
<i>Eschericia coli</i> <i>enteroinasiva</i>	Heces	8 - 24 horas	1 - 2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre
<i>Eschericia coli</i> <i>enterotoxigena</i>	Heces	5 - 48 horas	3 - 19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofrios, nausea, mialgia
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces, orina	1- 11 días (24 - 48 horas)	1 - 21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vómito
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2 - 5 días (42 - 72 horas)	7 - 10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20 - 24 horas	1 - 2 días	Fiebre, escalofrios, dolor abdominal, nausea, diarrea o vómito
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Desconocido	1 - 7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas

## ANEXO N° 6

**Cuadro N° 5. Principales enfermedades transmitidas por el agua (23)**

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos <sup>a</sup>	Defunciones por año
<i>Disenteria amebiana</i>	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	500 millones por año	*
<i>Disenteria bacilar</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	*	*
<i>Enfermedades diarreicas (inclusive la disenteria amebiana y bacilar)</i>	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	4.000 millones actualmente	3-4 millones
<i>Cólera</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Sudamérica, África, Asia	384.000 por año	20.000
<i>Hepatitis A</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	600.000 a 3 millones por año	2.400 a 12.000
<i>Fiebre paratifoidea y tifoidea</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	80% en Asia, 20% en América Latina, África	16 millones actualmente	600.000
<i>Poliomielitis</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	66% en la India, 34% en el Cercano Oriente, Asia, África	82.000 actualmente	9.000

<sup>a</sup> El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado.

\*Incluidas las enfermedades diarreicas

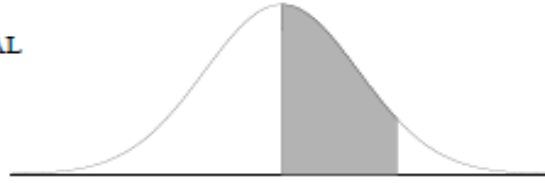
\*\*No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.

ND = no disponible

Fuente: WHO 1996, excepto disenteria amebiana, disenteria bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

## ANEXO N° 7

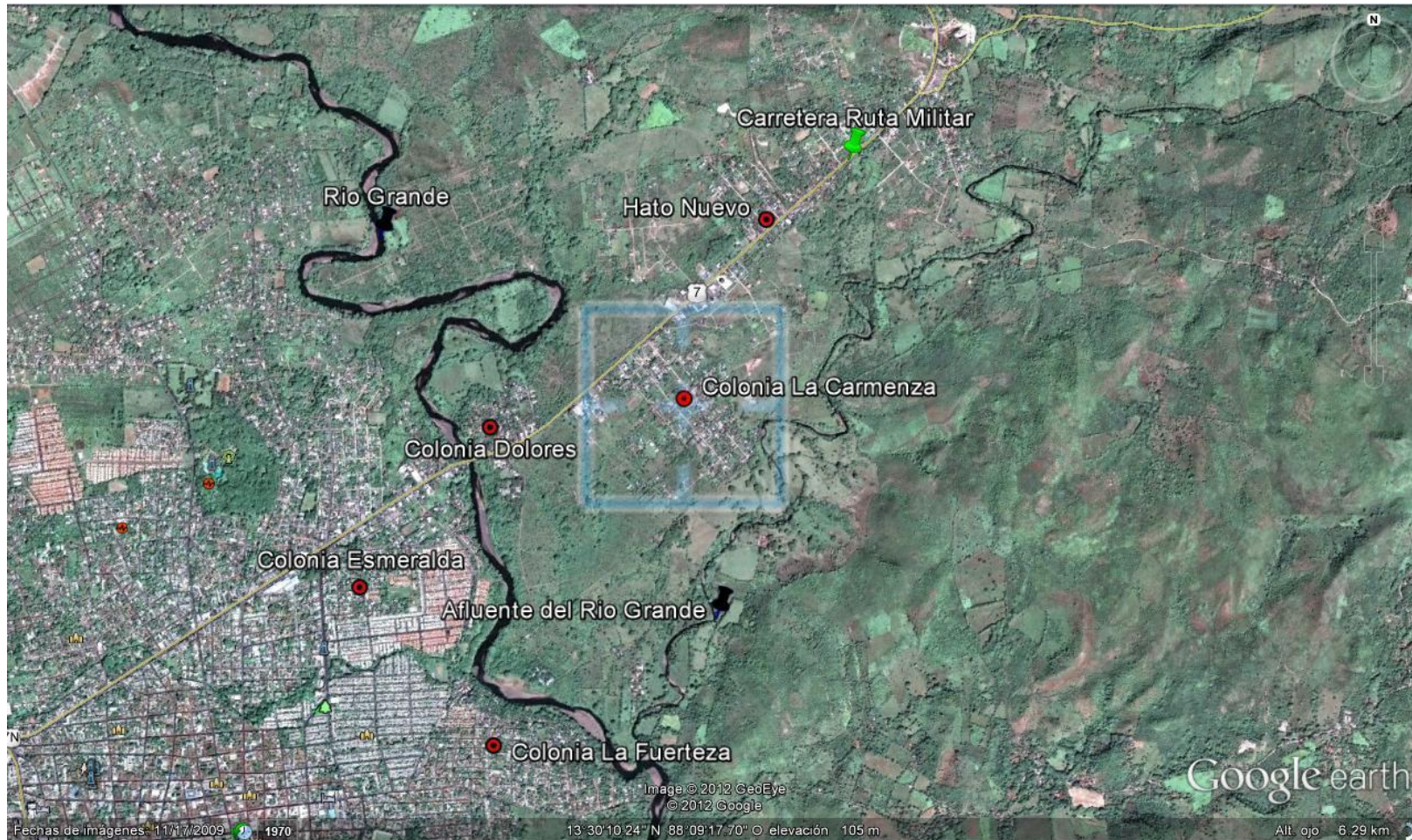
ÁREAS BAJO LA CURVA NORMAL  
TIPIFICADA DE 0 A Z



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998
3.5	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998
3.6	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.7	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.8	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.9	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

Figura N° 7. Áreas bajo la curva normal estándar (26)

## ANEXO N° 8



**Figura N° 8. Ubicación geográfica de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel**

## ANEXO N° 9

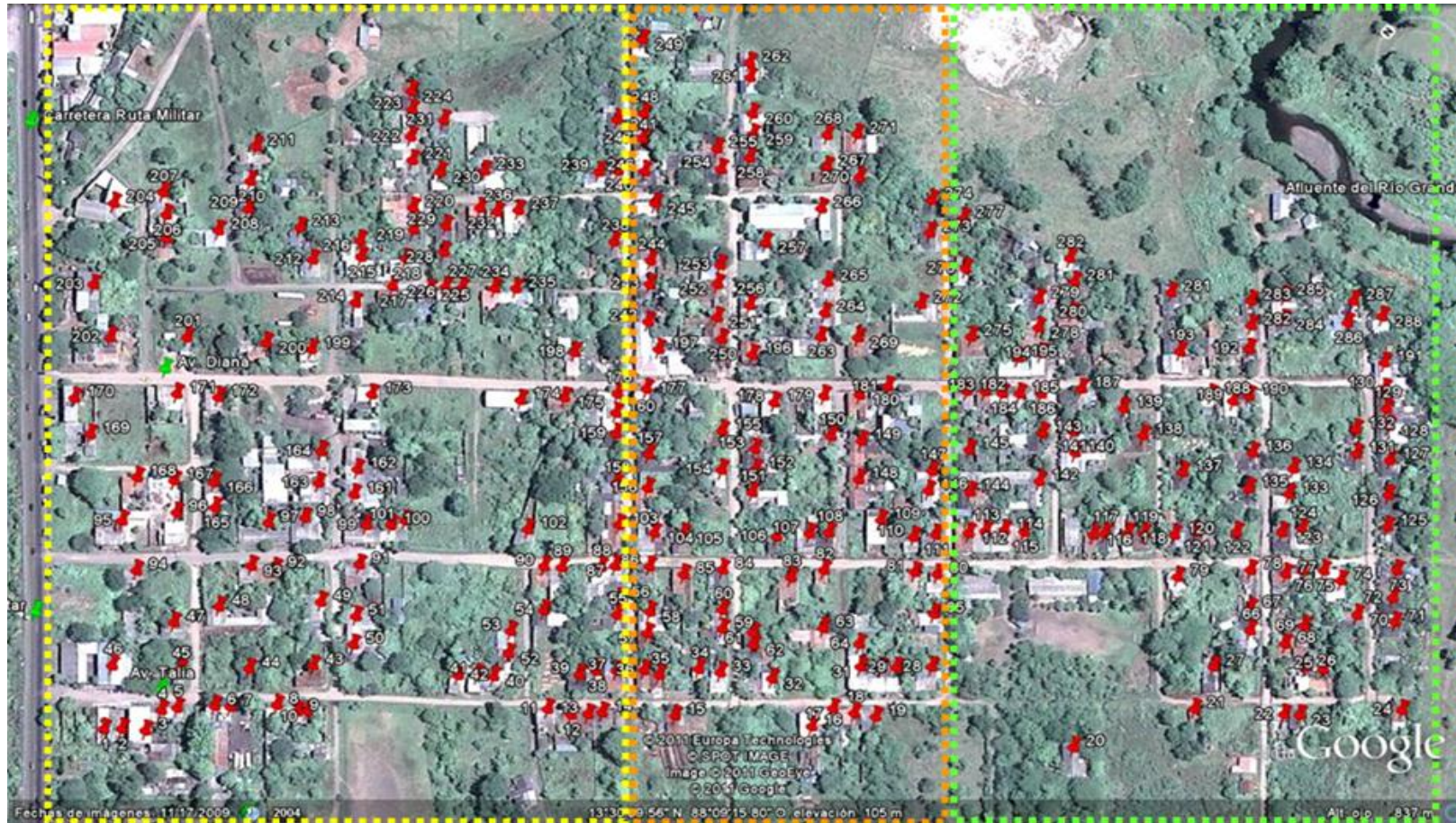
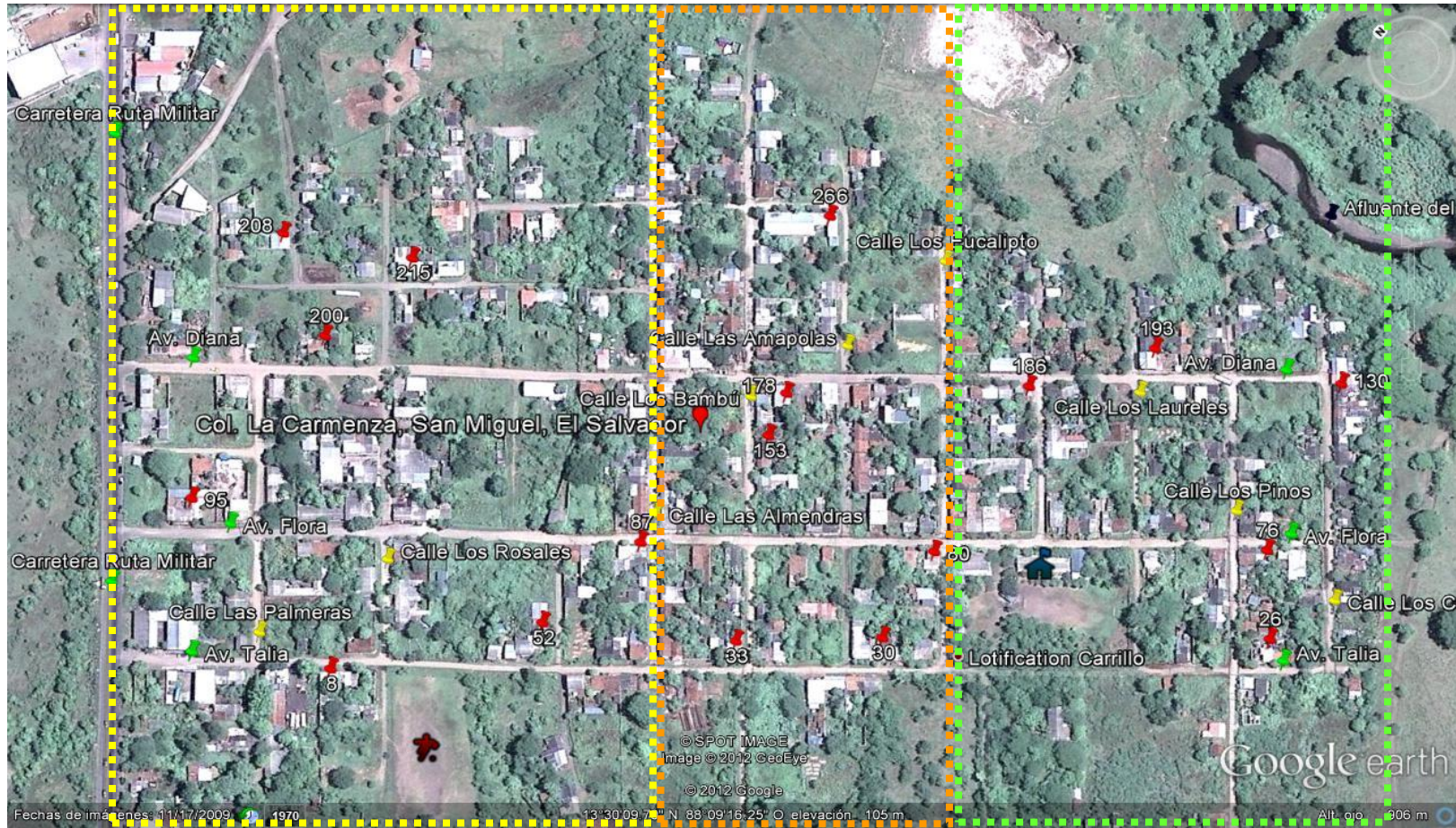


Figura N° 9. Ubicación geográfica de los pozos y estratos de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel

## ANEXO N° 10



■ Estrato 1   ■ Estrato 2   ■ Estrato 3   📌 Pozos   🏫 Centro Escolar   🏟️ Cancha de Fútbol

**Figura N° 10. Pozos seleccionados de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel**



## ANEXO N° 11

### Guía de inspección higiénico-sanitaria de pozos (20)



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



#### GUIA DE INSPECCION HIGIENICO-SANITARIA DE POZOS

DIRECCION: \_\_\_\_\_

LUGAR Y PUNTO DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

FECHA/HORA DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

CODIGO DE MUESTRA: \_\_\_\_\_

#### I.- CONDICIONES HIGIENICO SANITARIAS DEL LUGAR DE MUESTREO (tomando como referencia una distancia mínima de 30 m. alrededor del pozo)

- 1.- Presencia de basurales: SI ( ) NO ( )
- 2.- Presencia de animales: SI ( ) NO ( )
- 3.- Aguas residuales y encharcamientos: SI ( ) NO ( )
- 4.- Letrina/fosa séptica: SI ( ) NO ( ) Distancia con el pozo: \_\_\_\_\_

#### II.- CARACTERISTICAS DEL POZO

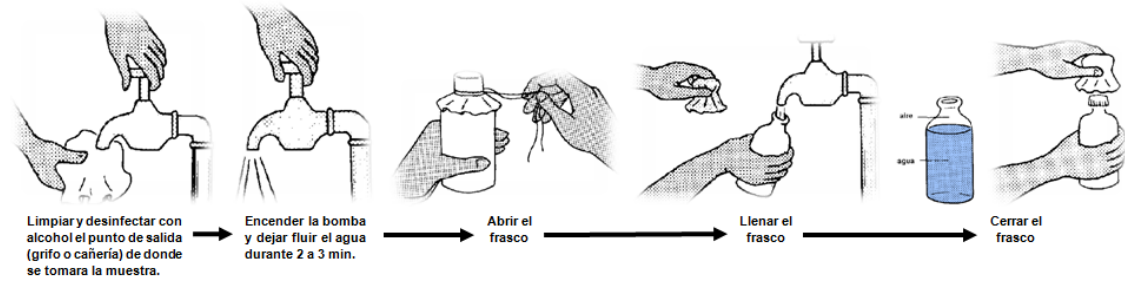
- 1.- Profundidad (aprox.)<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_
- 2.- Reborde de protección (brocal): SI ( ) NO ( )
- 3.- Revestimiento interno: SI ( ) NO ( )
- 4.- Tapa adecuada: SI ( ) NO ( )
- 5.- Algas en las paredes: SI ( ) NO ( )
- 6.- Insectos/vectores: SI ( ) NO ( )
- 7.- Cañería de descarga (en el caso de pozos con bomba):
- Estado de conservación: Buena ( ) Regular ( ) Mala ( )

Observaciones: <sup>1</sup>Dato proporcionado por el dueño del pozo \_\_\_\_\_

Analista: \_\_\_\_\_

## ANEXO N° 12

### Toma de muestra de pozos con bomba.



### Toma de muestra de pozos sin bomba.

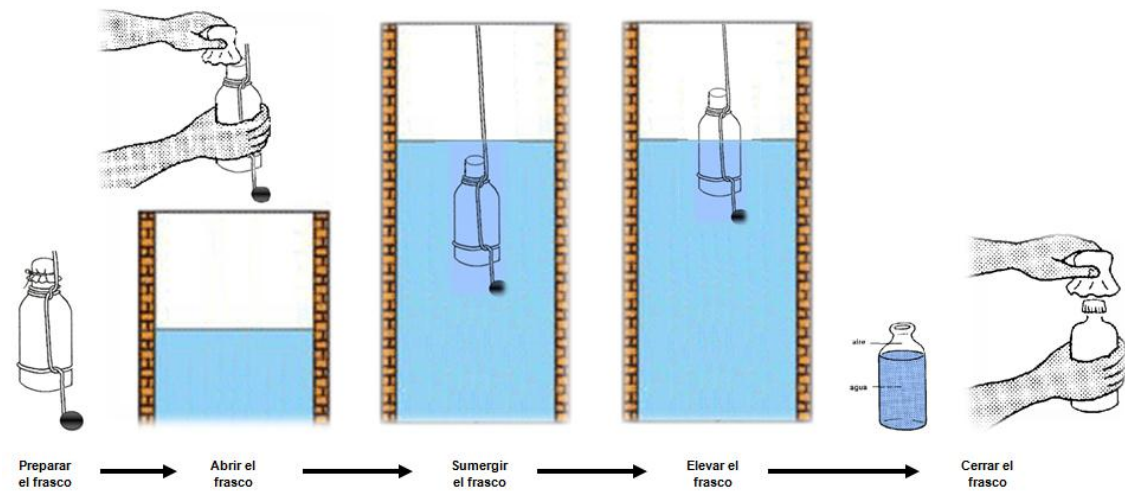
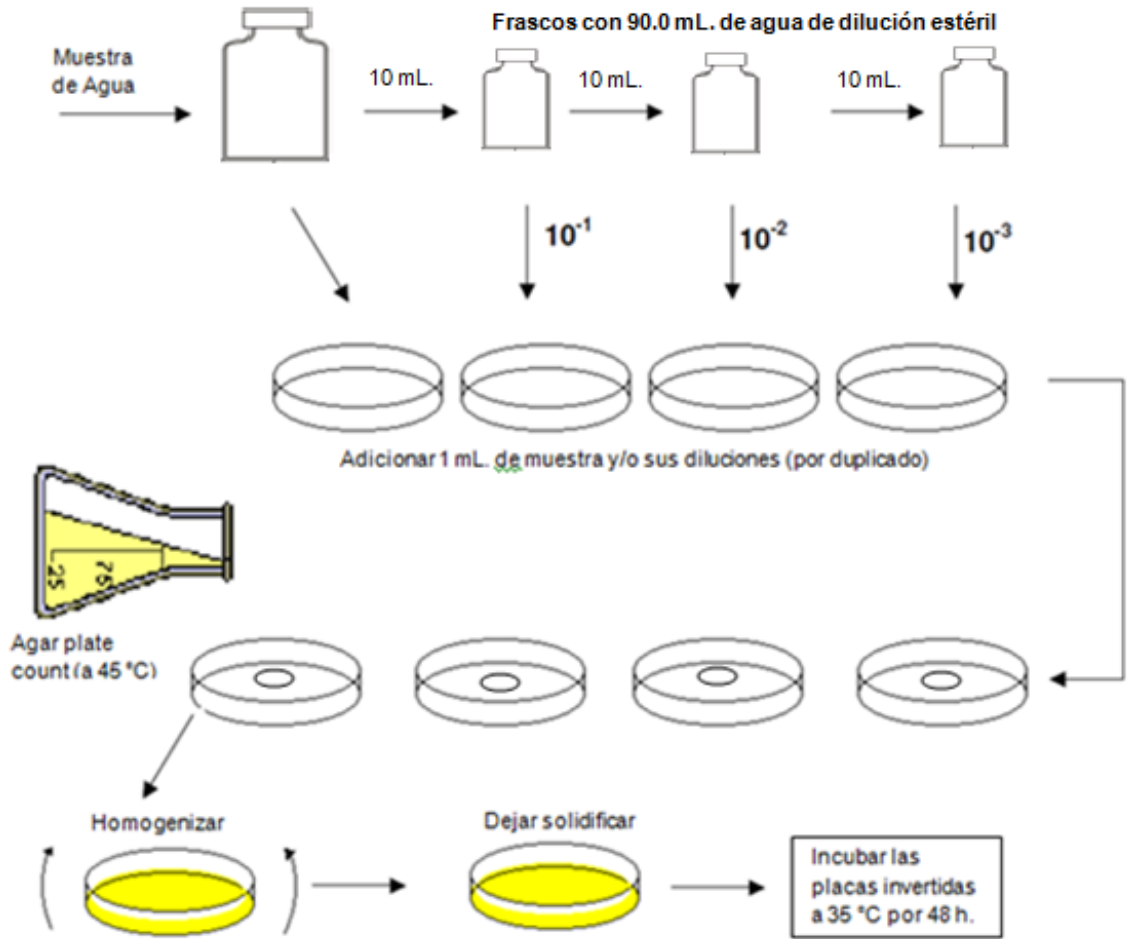


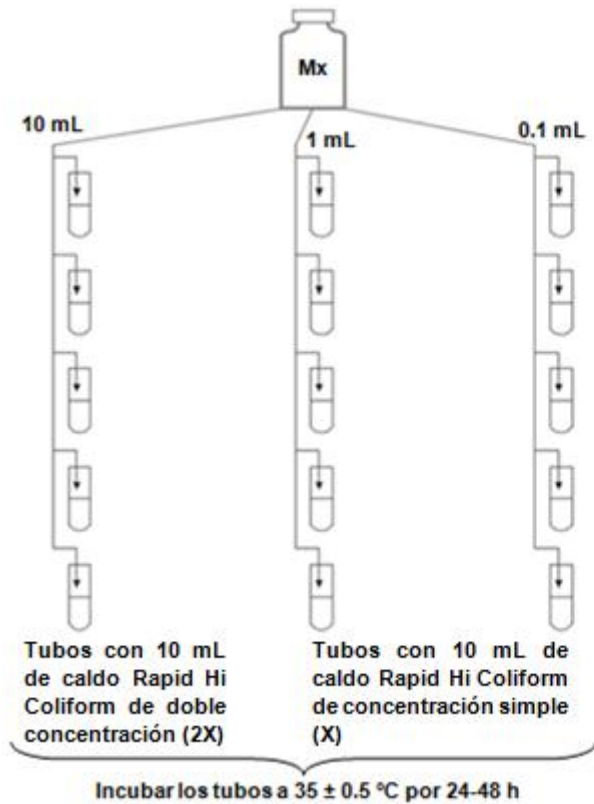
Figura N° 11. Toma de muestra de agua de pozos para análisis microbiológico (2)

### **ANEXO N° 13**

**PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIANA: BACTERIAS MESÓFILAS AEROBIAS, COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* (2).**



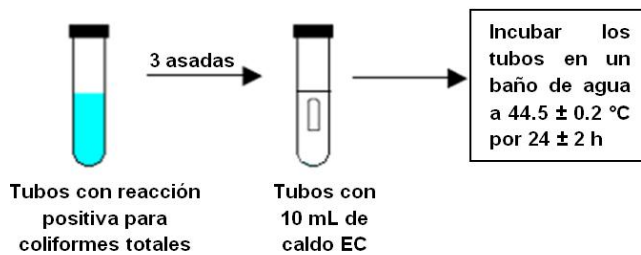
a) Recuento en placa de bacterias mesófilas aerobias



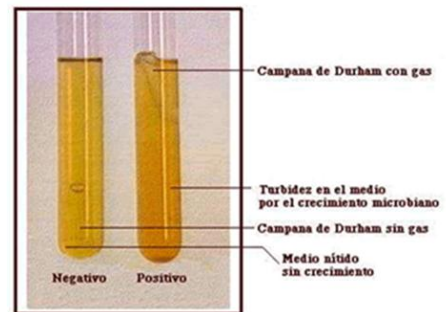
PRUEBA POSITIVA: Coloración azul turquesa



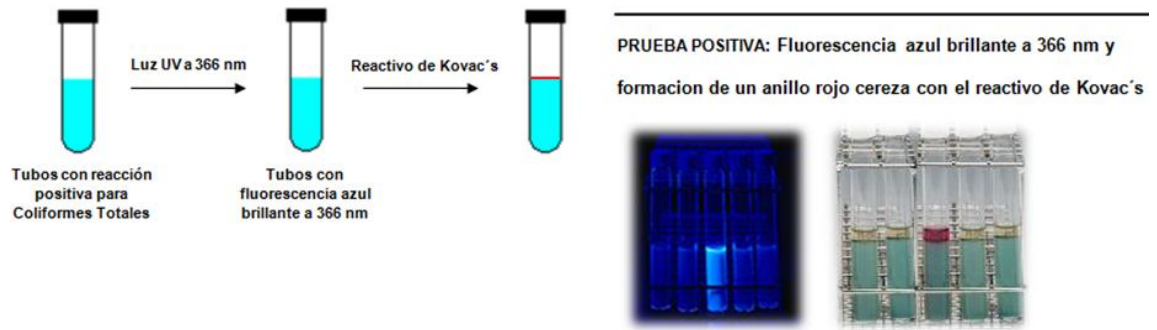
## b) Determinación de coliformes totales mediante la técnica de tubos múltiples



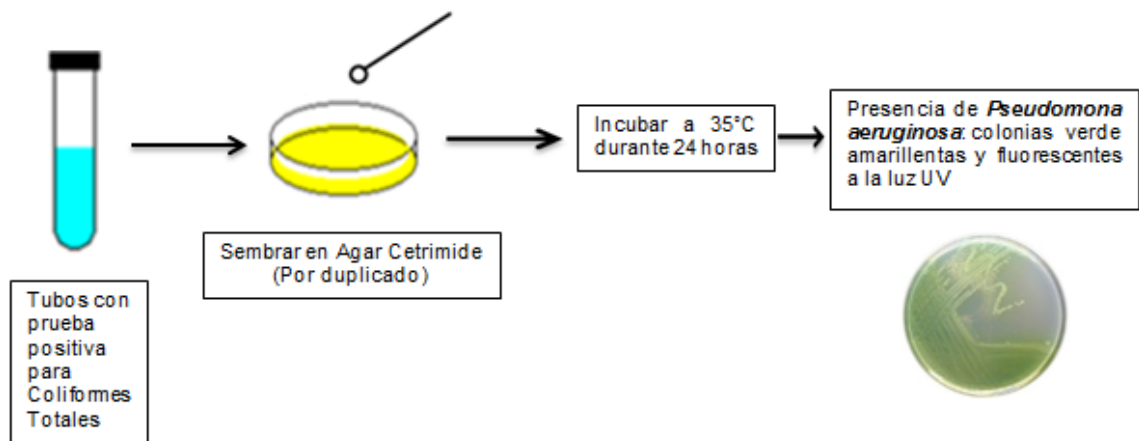
PRUEBA POSITIVA: Crecimiento con producción de gas



## c) Determinación de coliformes fecales.



#### d) Determinación de *Escherichia coli*



#### e) Determinación de *Pseudomonas aeruginosa*.

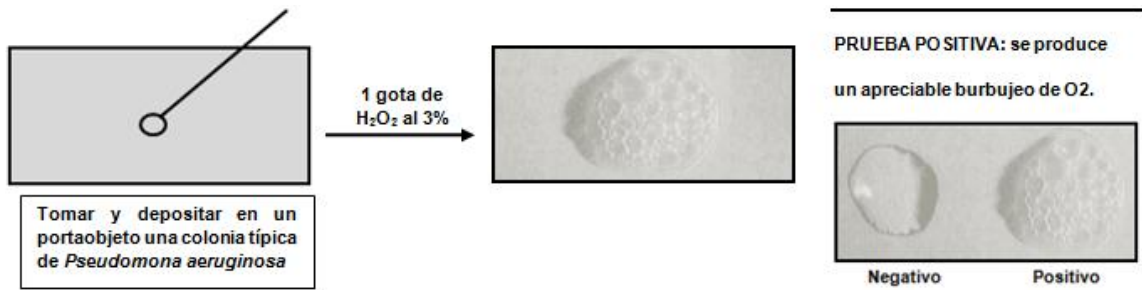
**ANEXO N° 14**

**Tabla N° 2. Índice de NMP y límites de confianza del 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos, cuando son utilizadas 5 porciones de 10 mL, 5 porciones de 1 mL y 5 porciones de 0,1 mL de muestra (16).**

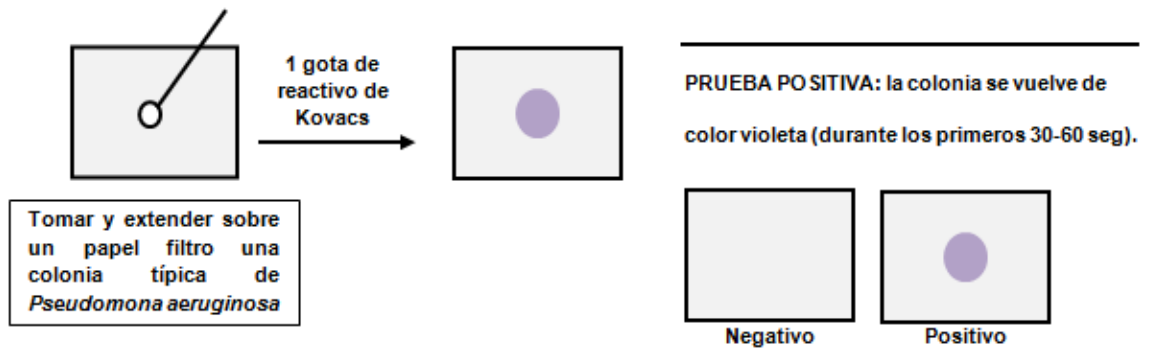
No. de tubos con reacciones positivas			Índice del NMP por 100 ml	Límite confiable de 95%		No. De tubos con reacciones positivas			Índice del NMP por 100 ml	Límite confiable de 95%	
5 tubos con 10 ml	5 tubos con 1ml	5 tubos con 0.1 ml		Inferior	Superior	5 tubos con 10ml	5 tubos con 1ml	5 tubos con 0.1ml		Inferior	Superior
0	0	0	<2	-	-	4	2	1	26	12	65
0	0	1	2	1.0	10	4	3	0	27	12	67
0	1	0	2	1.0	10	4	3	1	33	15	77
0	2	0	4	1.0	13	4	4	0	34	16	80
1	0	0	2	1.0	11	5	0	0	23	9.0	86
1	0	1	4	1.0	15	5	0	1	30	10	110
1	1	0	4	1.0	15	5	0	2	40	20	140
1	1	1	6	2.0	18	5	1	0	30	10	120
1	2	0	6	2.0	18	5	1	1	50	20	150
						5	1	2	60	30	180
2	0	0	4	1.0	17						
2	0	1	7	2.0	20	5	2	0	50	20	170
2	1	0	7	2.0	21	5	2	1	70	30	210
2	1	1	9	3.0	24	5	2	2	90	40	250
2	2	0	9	3.0	25	5	3	0	80	30	250
2	3	0	12	5.0	29	5	3	1	110	40	300
				1		5	3	2	140	60	360
3	0	0	8	3.0	24						
3	0	1	11	4.0	29	5	3	3	170	80	410
3	1	0	11	4.0	29	5	4	0	130	50	390
3	1	1	14	6.0	35	5	4	1	170	70	480
3	2	0	14	6.0	35	5	4	2	220	100	580
3	2	1	17	7.0	40	5	4	3	280	120	690
						5	4	4	350	160	820
4	0	0	13	5.0	38	5	5	0	240	100	940
4	0	1	17	7.0	45	5	5	1	300	100	1300
4	1	0	17	7.0	46	5	5	2	500	200	2000
4	1	1	21	9.0	55	5	5	3	900	300	2900
4	1	2	26	12	63	5	5	4	1600	600	5300
4	2	0	22	9.0	56	5	5	5	≥1600		

**ANEXO N° 15**  
**PRUEBAS BIOQUIMICAS PARA DETERMINACION DE *Pseudomona***  
***aeruginosa* (2), (10)**

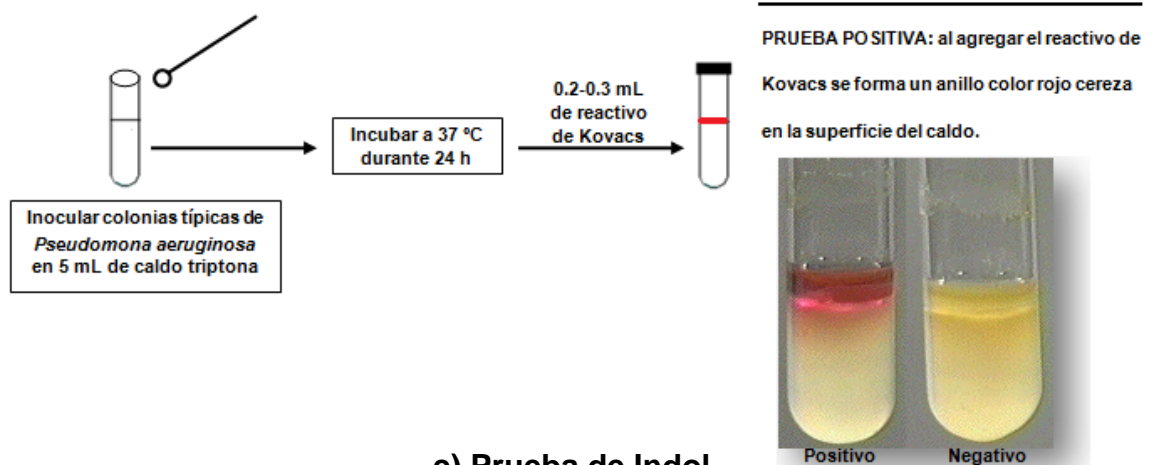




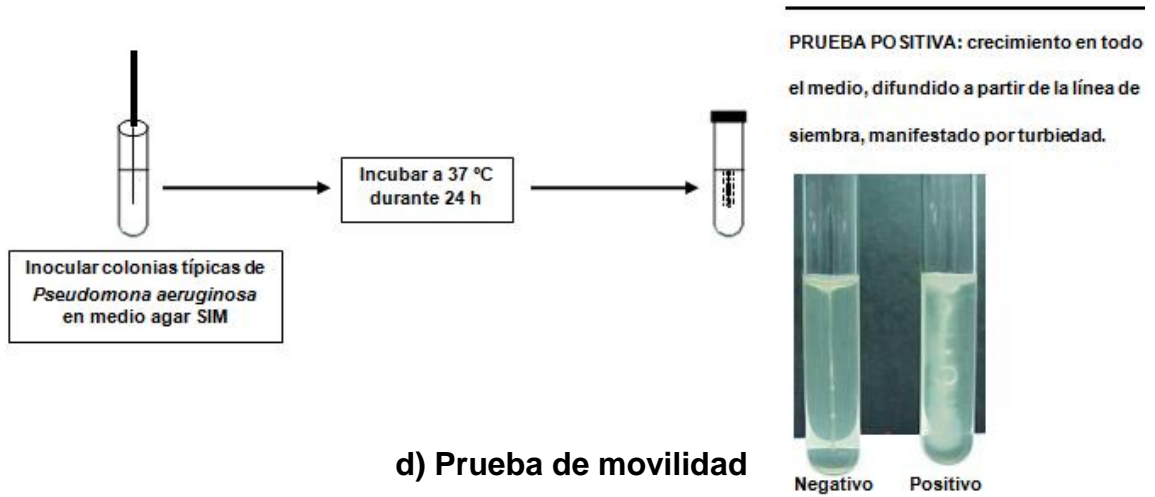
### a) Prueba de la Catalasa



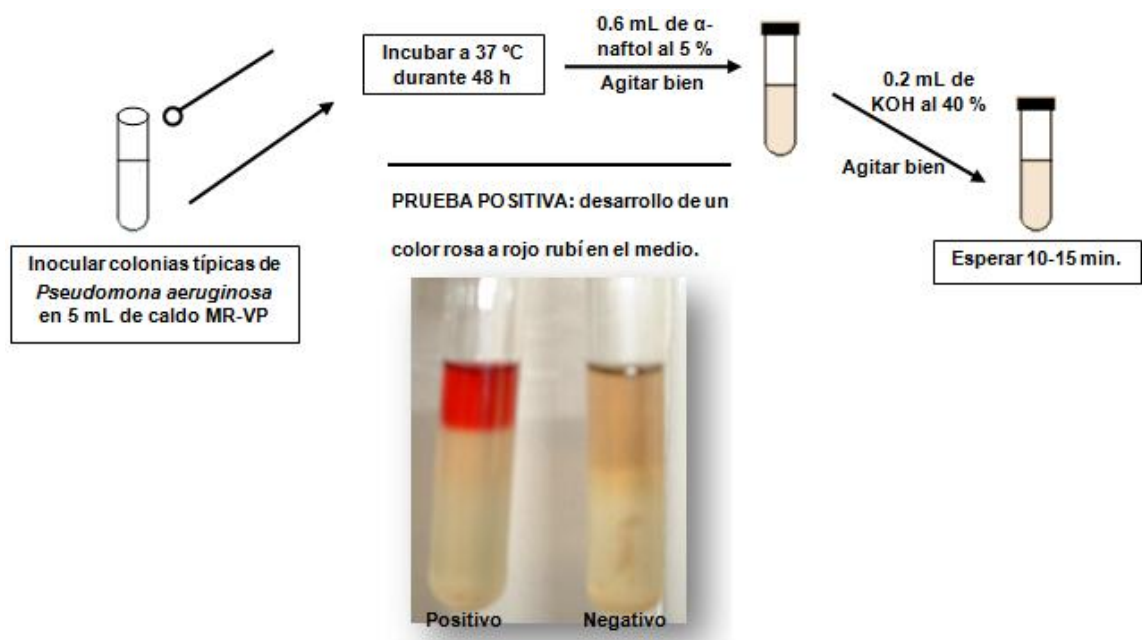
### b) Prueba de la Oxidasa



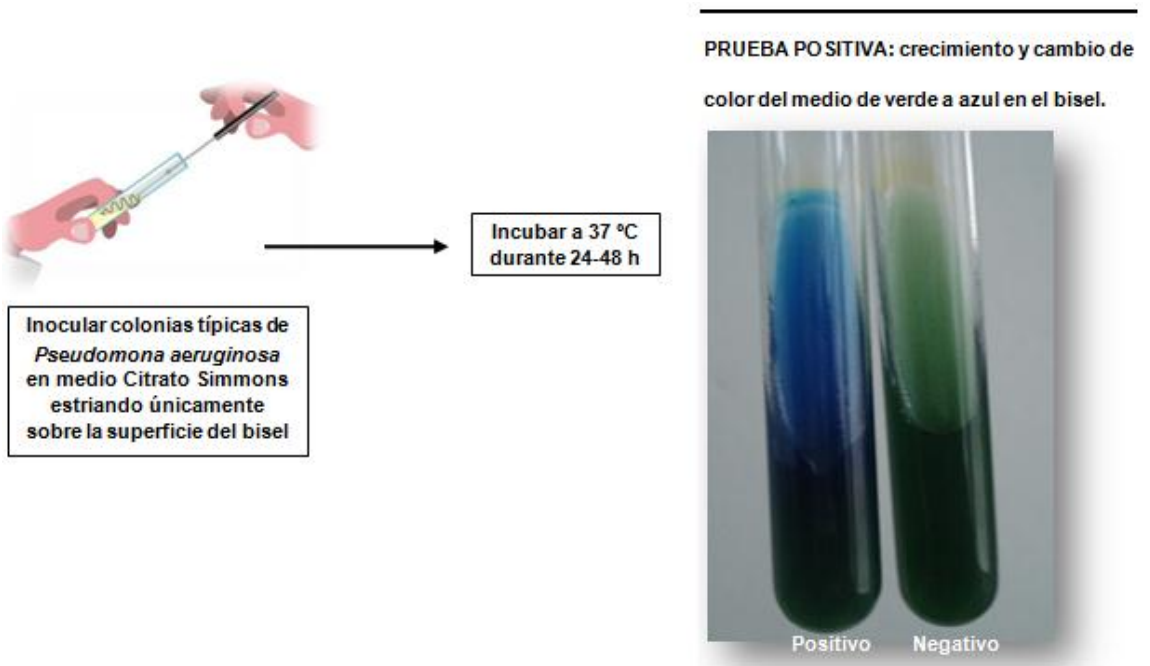
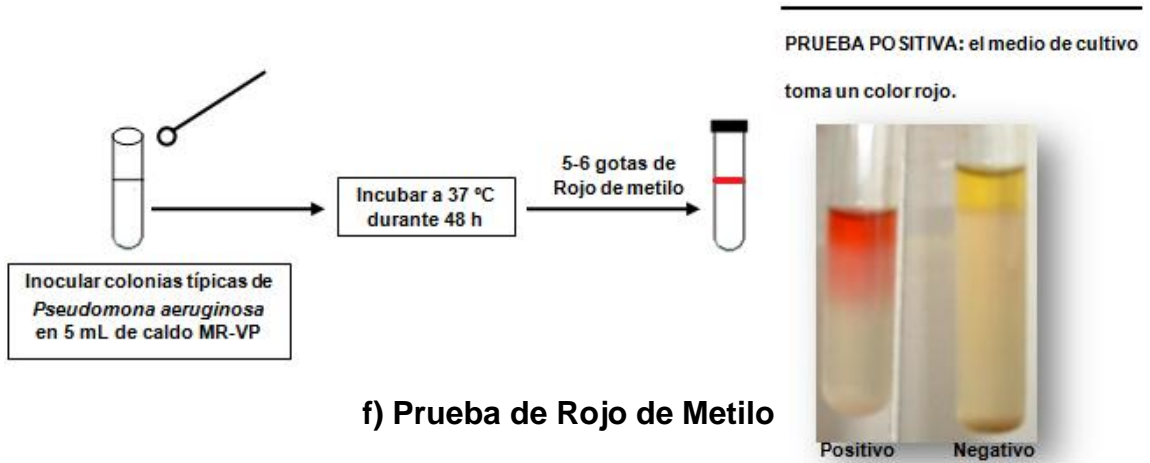
### c) Prueba de Indol



**d) Prueba de movilidad**



**e) Prueba de Voges Proskauer**

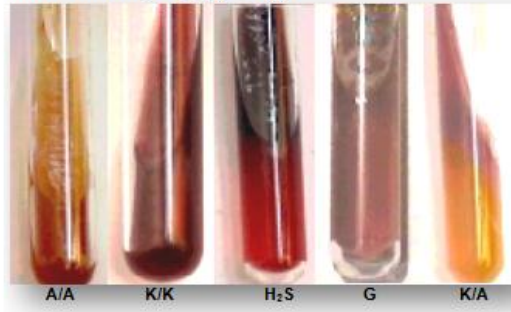




Inocular colonias típicas de *Pseudomonas aeruginosa* en medio triple azúcar hierro picando en el centro del medio y estriando sobre la superficie del bisel

Incubar a 35 °C durante 24 h

RESULTADOS: Fermentación de la glucosa: K/A; Fermentación de glucosa, lactosa y/o sacarosa: A/A; No fermentación de los carbohidratos: K/K; No fermentación de los carbohidratos: K/N (no hay cambio en el fondo del tubo); Producción de gas: G; Producción de H<sub>2</sub>S: H<sub>2</sub>S (+) / H<sub>2</sub>S (-).



## h) Prueba de Triple-Azúcar-Hierro y Sulfuro de hidrógeno (TSI y H<sub>2</sub>S)

## ANEXO N° 16

**Cuadro N° 6. Lectura e interpretaciones de resultados en agar triple azúcar hierro (2), (10).**

CLAVE	INTERPRETACIÓN		
	Color y aspecto	Fondo	Superficie inclinada
A	Amarillo	Fermentación de GLUCOSA y formación de ÁCIDO	Fermentación de LACTOSA y/o SACAROSA con producción de ÁCIDO
G	Aparición de burbujas o grietas	Formación de GAS a partir de GLUCOSA	
K	Rojo intenso	No fermentación de GLUCOSA y formación de ALCALI	No fermentación de LACTOSA ni SACAROSA. Formación de ALCALI.
N	No hay cambio del color original (Rojo anaranjado).	No fermentación de GLUCOSA	No fermentación de LACTOSA ni SACAROSA
SH <sub>2</sub>	+ Ennegrecimiento	Formación de SH <sub>2</sub>	
	- Sin ennegrecimiento	No formación de SH <sub>2</sub>	

## ANEXO N° 17

**Tabla N° 2. Límites máximos permisibles para calidad microbiológica para agua potable (7).**

Parámetro	Límite máximo permisible		
	Técnicas		
	Filtración por membranas	Tubos múltiples	Placa vertida
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100 ml	<1,1 NMP/100 ml	----
Bacterias coliformes fecales o termotolerantes	0 UFC/100 ml	<1,1 NMP/100 ml	----
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	<1,1 NMP/100 ml	----
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	100 UFC/ ml	----	100 UFC/ ml
Organismos patógenos	Ausencia		

**ANEXO N° 18**  
**ESQUEMA METODOLOGICO DE LA CHARLA EDUCATIVA**

**Cuadro N° 8. Esquema metodológico de la charla educativa**

EJE TEMATICO	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	METODOLOGIA				RESULTADOS ESPERADOS
		CONTENIDOS	PROCEDIMIENTO	TIEMPO	MATERIALES	
Condiciones higiénico sanitarias que se deben mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua.	Dar a conocer los resultados de la investigación realizada.	Resultados de la inspección higiénico-sanitaria y los análisis microbiológicos realizados.	Exposición de los resultados por medio de gráficos.	15 min.	Computadora. Cañón. Presentación en PowerPoint.	Que los participantes conozcan la calidad microbiológica del agua de pozos. A partir de ello, concientizar sobre la importancia de poner en práctica medidas orientadas a evitar la contaminación del agua.
	Dar a conocer las condiciones higiénico	Protección de las fuentes de agua: Condiciones	Exposición a través de una presentación en	15 min.	Computadora. Cañón. Presentación	Los participantes reconocen las prácticas que



**Cuadro N° 8. Continuación**

EJE TEMATICO	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	METODOLOGIA				RESULTADOS ESPERADOS
		CONTENIDOS	PROCEDIMIENTO	TIEMPO	MATERIALES	
	sanitarias que se deben mantener en los pozos; la desinfección, almacenamiento y manejo adecuado del agua.	higiénico sanitarias en los pozos.	PowerPoint.		en PowerPoint.	contribuyen a proteger la fuente de agua.
Métodos para desinfectar el agua en el hogar: Ebullición, Cloración, Puriagua y SODIS.		Exposición de los métodos en forma ilustrada.  Demostración del método SODIS y Puriagua.	15 min.	Presentación en PowerPoint.  Botellas de plástico de 1.0 L y 2.5 L con agua. Un frasco de Puriagua. Un gotero.	Que los participantes tengan alternativas fáciles y efectivas para desinfectar el agua para consumo humano; previniendo de esta forma las enfermedades de origen hídrico.	
Prácticas saludables en el almacenamiento y manejo adecuado		Exposición a través de una presentación en PowerPoint.	15 min.	Presentación en PowerPoint.	Concientizar sobre las prácticas saludables para	

**Cuadro N° 8. Continuación**

EJE TEMATICO	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	METODOLOGIA				RESULTADOS ESPERADOS
		CONTENIDOS	PROCEDIMIENTO	TIEMPO	MATERIALES	
		del agua.				evitar la recontaminación del agua desinfectada.
	Evaluación y retroalimentación.	Contenidos de la charla.	Por medio de preguntas planteadas a los participantes.	15 min.	Test de evaluación oral.	Medir los conocimientos adquiridos y retroalimentar sobre el tema.

## ANEXO N° 19



**Figura N° 21. Charla educativa impartida a la población de la colonia La Carmenza.**

**ANEXO N° 20**  
**LISTA DE ASISTENCIA A CHARLA EDUCATIVA IMPARTIDA A LA**  
**POBLACIÓN DE LA COLONIA LA CARMENZA**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



LISTA DE ASISTENCIA A CHARLA EDUCATIVA SOBRE LAS CONDICIONES HIGIENICO-SANITARIAS QUE SE DEBEN DE MANTENER EN LOS POZOS Y EL TRATAMIENTO Y/O DESINFECCION DEL AGUA

NOMBRE	DUI	FIRMA
José de la Paz Sorto		J. P. Sorto
Saturnino Joxa Molina	00658962-0	S. Joxa
Santiago Villalta		S. Villalta
Antonio Chavez	01196179-8	A. Ch. C.
José Jesús Blanco		J. J. Blanco
Santos Cristina Agueta		S. Agueta
Francisca Ana Sulia Majano		F. A. M.
Francisco Atilio Diaz		F. A. D.
Yeni Rosibel Gonzalez Gutierrez		Y. R. G.
Armando A. Matamorros		A. Matamorros
Rosa Emelina Batres		R. E. B.
Vilma Prudencia de Cabrera		V. Prudencia
Miguel Prudencio		M. Prudencio
María Leonor Sánchez		M. L. Sánchez
Juan Bautista Contreras		J. B. Contreras
Cristoba Gomez		C. G. A.
María del Tránsito Henríquez		M. T. Henríquez



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**LISTA DE ASISTENCIA A CHARLA EDUCATIVA SOBRE LAS CONDICIONES HIGIENICO-SANITARIAS QUE SE DEBEN DE MANTENER EN LOS POZOS Y EL TRATAMIENTO Y/O DESINFECCION DEL AGUA**

NOMBRE	DUI	FIRMA
Nicolas Argueta		<i>Nicolas Argueta</i>
Luis Escobar		<i>Luis Escobar</i>
Santos Escobar		<i>Santos Escobar</i>
Lorena Estela Trejo		<i>Lorena Estela Trejo</i>
Melida Ramirez E.		<i>Melida Ramirez E.</i>

**ANEXO N° 21**  
**CARTA DE ENTREGA DE INFORME DE RESULTADOS A LA**  
**ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN MIGUEL**



FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



Ciudad Universitaria, 15 de agosto de 2012

Señor  
Wilfredo Salgado  
Alcalde de San Miguel  
Alcaldía Municipal de San Miguel  
Presente.

ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN MIGUEL	
DESPACHO DEL SEÑOR ALCALDE	
RECIBIO:	<i>Jacqueline Votalsquez</i>
FECHA:	<i>23/08/2012</i>
HORA:	<i>3:52pm</i>

Respectable Sr. Salgado:

Reciba por este medio un atento saludo y sinceros deseos de éxito personal y profesional. En esta oportunidad tenemos el gusto de dirigirnos a usted para hacer de su conocimiento los resultados obtenidos del Trabajo de Graduación denominado: " **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE POZOS DE LA COLONIA CARMENZA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL**", realizado por KATIA SOFIA LAINEZ y WALTER MAURICIO TREJO, estudiantes egresados de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

El informe correspondiente a dicho trabajo de graduación, se adjunta a esta carta.

Agradeciendo su colaboración, esperando que la información proporcionada sea de utilidad para implementar acciones en pro de la población, nos suscribimos de usted,

Atentamente,

" HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA "

*[Signature]*  
Msc. Coralia González de Díaz  
Docente Director  
Facultad de Química y Farmacia

*[Signature]*  
Katia Sofía Láinez  
Estudiante de Licenciatura en Química y  
Farmacia



*[Signature]*  
Walter Mauricio Trejo  
Estudiante de Licenciatura en Química y  
Farmacia



**ANEXO N° 22**  
**CARTA DE ENTREGA DE INFORME DE RESULTADOS A LA UNIDAD**  
**DE SALUD EL ZAMORAN DE SAN MIGUEL**



FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



Ciudad Universitaria, 15 de agosto de 2012

Dra. Ana Rosa Hernández  
Directora  
Unidad de Salud El Zamorán  
San Miguel  
Presente.



Respetable Dra. Hernández:

Reciba por este medio un atento saludo y sinceros deseos de éxito personal y profesional. En esta oportunidad tenemos el gusto de dirigirnos a usted para hacer de su conocimiento los resultados obtenidos del Trabajo de Graduación denominado: " **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE POZOS DE LA COLONIA CARMENZA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL**", realizado por: KATIA SOFIA LAINEZ y WALTER MAURICIO TREJO, estudiantes egresados de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

El informe correspondiente a dicho trabajo de graduación, se adjunta a esta carta.

Agradeciendo su colaboración, esperando que la información proporcionada sea de utilidad para implementar acciones en pro de la población, nos suscribimos de usted,

Atentamente,

" HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA "

Msc. Coralia González de-Díaz  
Docente Director  
Facultad de Química y Farmacia

Katia Sofia Lainez  
Estudiante de Licenciatura en Química y Farmacia

Walter Mauricio Trejo  
Estudiante de Licenciatura en Química y Farmacia



**ANEXO N° 23**

**INFORME DE RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN HIGIÉNICO  
SANITARIA Y DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS REALIZADOS  
A MUESTRAS DE AGUA DE POZO DURANTE LOS MESES DE JULIO  
Y NOVIEMBRE DEL AÑO 2011.**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**INFORME DE RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN HIGIÉNICO  
SANITARIA Y DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS REALIZADOS  
A MUESTRAS DE AGUA DE POZO DURANTE LOS MESES DE JULIO  
Y NOVIEMBRE DEL AÑO 2011.**

**“EVALUACION DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE POZOS  
DE LA COLONIA LA CARMENZA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL,  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL”**

**TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

**PRESENTADO POR:  
KATIA SOFIA LAINEZ RAMIREZ  
WALTER MAURICIO TREJO FUENTES**

**SAN MIGUEL, 15 DE AGOSTO DE 2012**

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia la Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.

Se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado, seleccionando al azar 18 pozos de un total de 288. Los cuales, fueron estudiados en dos épocas del año, época lluviosa (Julio) y época seca (Noviembre).

Se realizó una inspección higiénico-sanitaria de los pozos y del lugar de muestreo para identificar los factores que contribuyen a la contaminación microbiana del agua de pozos, utilizando para ello una guía de inspección. Encontrándose que, los factores que mas contribuyen a la contaminación del agua de pozos son: la presencia de algas en las paredes (88.89 %); la presencia de basurales en las cercanías de los pozos (77.78 %); las aguas residuales y encharcamientos (72.72%); y la ausencia de una tapadera adecuada (72.22%).

Asimismo, se realizaron los análisis microbiológicos respectivos de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia Coli*** y ***Pseudomona aeruginosa***, tomando como referencia lo establecido por la American Public Health Association (APHA) y comparando los resultados obtenidos con la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable.

Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de Aguas del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador. Encontrándose que, el porcentaje de muestras “fuera de norma” para el parámetro bacterias coliformes totales tanto en época lluviosa como en época seca fue del 100 %; para el parámetro bacterias coliformes fecales fue del 94 % durante la época lluviosa y 89 % durante la época seca; para el

parámetro *Escherichia coli* fue del 89 % durante la época lluviosa y 78 % durante la época seca; y para el parámetro bacterias mesófilas aerobias fue del 94 % durante la época lluviosa y 89 % durante la época seca; mientras en el parámetro *Pseudomona aeruginosa* tanto en época lluviosa como en época seca, se determinó “presencia” en el 56 % de las muestras analizadas. Por lo tanto, el 100 % de las muestras de agua de pozos analizadas no cumplen con lo especificado en la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable. Por lo cual, el agua de pozos de la colonia La Carmenza no es apta para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico.

En base a los resultados obtenidos, se impartió una charla educativa a la población en estudio, dándoles a conocer las condiciones higiénicas sanitarias que deben de mantener en los pozos; los métodos que pueden utilizar para desinfectar el agua en el hogar; las condiciones de almacenamiento y manejo adecuado del agua.

Se recomienda mantener las condiciones higiénico-sanitarias adecuadas en los pozos y sus alrededores tales como tapar y proteger el pozo, conservar una distancia mínima de 15 m. entre el pozo y la letrina, evitar la presencia de basura, animales y aguas residuales; gestionar la implementación de un programa de control y vigilancia de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de pozos; implementar un sistema de recolección, manejo y disposición final adecuada de la basura; gestionar con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) o una Organización No Gubernamental (ONG) la implementación de un sistema de alcantarillado; lo cual, garantice la ausencia total de factores de contaminación microbiana y evitar riesgos a la salud de la población.

## I. RESULTADOS

### 1.1. INSPECCION HIGIENICO-SANITARIA

Tabla N° 1. Resultados de la guía de inspección higiénico-sanitaria

CONDICION/FACTOR DE CONTAMINACION	N° DE POZOS	% DE POZOS
Algas en las paredes del pozo	16	88.89
Presencia de basurales	14	77.78
Aguas residuales y encharcamientos	13	72.22
Tapadera no adecuada	13	72.22
Insectos/vectores en el interior del pozo	12	66.67
Presencia de animales	11	61.11
Letrina/fosa séptica a una distancia < 15 m. del pozo	11	61.11
Mal estado de conservación de la cañería de descarga	3	18.75
Pozo sin reborde de protección (brocal)	2	11.11
Pozo sin revestimiento interno	1	5.56

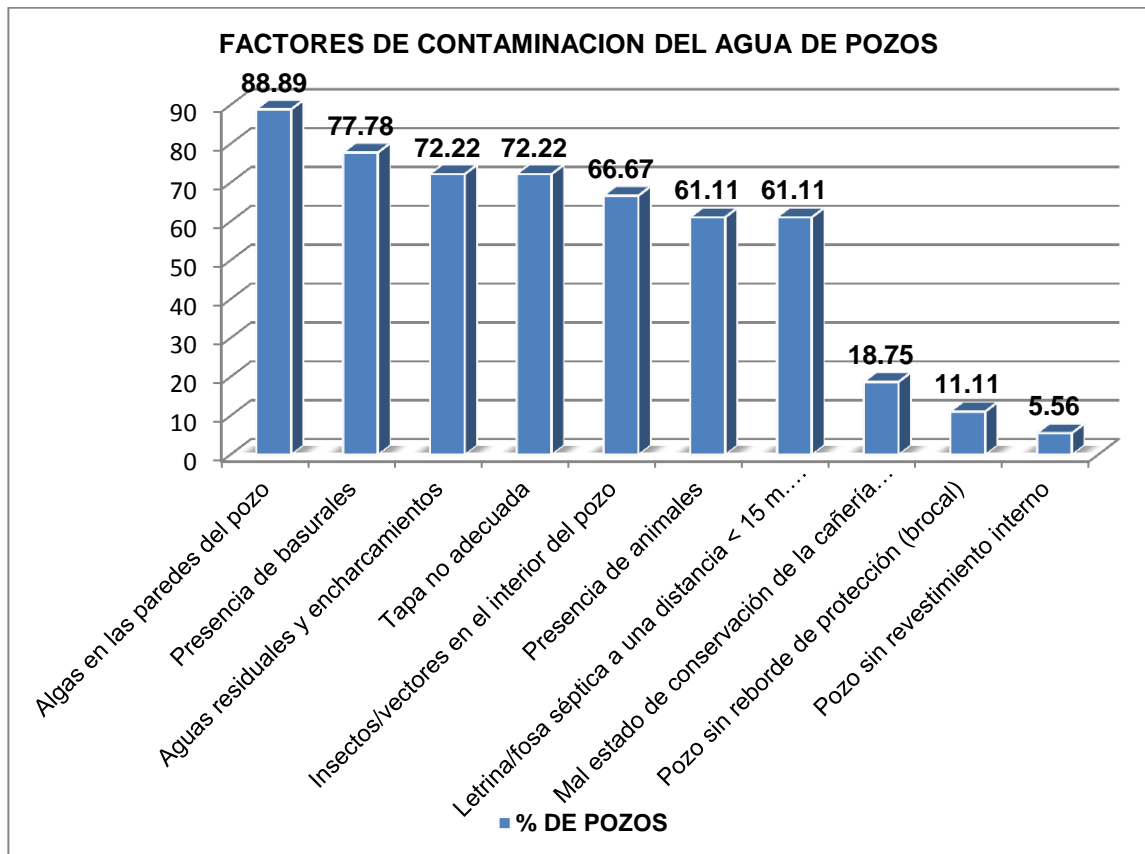


Figura N° 1. Resultados de la guía de inspección higiénico-sanitaria

La Figura N° 1 muestra que los factores que mas contribuyen a la contaminación del agua de pozos son: la presencia de algas en las paredes (88.89 %) que favorece la colonización de microorganismos, entre ellos ***Pseudomona aeruginosa***; la presencia de basurales en las cercanías de los pozos (77.78 %), lo cual crea las condiciones idóneas para la proliferación de microorganismos, insectos y roedores; las aguas residuales y encharcamientos (72.72%) que contaminan los pozos directamente y a través de la infiltración; y la ausencia de una tapadera adecuada (72.22%), lo cual permite el ingreso de partículas contaminantes y objetos extraños al interior del pozo.

## **1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Se tomaron muestras de agua de los 18 pozos seleccionados; las cuales, fueron analizadas para determinar su calidad microbiológica. Los parámetros determinados fueron bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia coli*** y ***Pseudomona aeruginosa***; considerados como indicadores de contaminación microbiana, útiles para evaluar la calidad sanitaria del agua. Los resultados obtenidos según la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable se detallan a continuación:



**Tabla N° 2. Resumen de resultados de los parámetros determinados (época lluviosa)**

LMP según Norma NSO 13.07.01:08		< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	100 UFC/mL	Ausencia	Resultado Final
Parámetro		CT	CF	EC	BMA	PA	
Estrato	Código de muestra	Valores obtenidos					
Estrato 1	M8	≥1600 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	9 NMP/100 mL	600 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M52	170 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	35 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M87	≥1600 NMP/100 mL	11 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	1100 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M95	≥1600 NMP/100 mL	70 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	1600 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M200	≥1600 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	1000 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M208	≥1600 NMP/100 mL	90 NMP/100 mL	110 NMP/100 mL	3000 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M215	≥1600 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	70 NMP/100 mL	2600 UFC/mL	Ausencia	No conforme
Estrato 2	M30	130 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	1200 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M33	≥1600 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	1400 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M80	≥1600 NMP/100 mL	300 NMP/100 mL	1600 NMP/100 mL	150 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M153	≥1600 NMP/100 mL	6 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	1500 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M178	≥1600 NMP/100 mL	500 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	4200 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M266	≥1600 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	4000 UFC/mL	Presencia	No conforme
Estrato 3	M26	≥1600 NMP/100 mL	220 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	1000 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M76	≥1600 NMP/100 mL	40 NMP/100 mL	40 NMP/100 mL	400 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M130	≥1600 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	450 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M186	1600 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	8 NMP/100 mL	900 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M193	≥1600 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	1500 UFC/mL	Presencia	No conforme

**LMP:** Límite Máximo Permisible  
**CT:** Bacterias coliformes totales

**CF:** Bacterias coliformes fecales  
**EC:** *Escherichia coli*

**BMA:** Bacterias mesófilas aerobias  
**PA:** *Pseudomona aeruginosa*

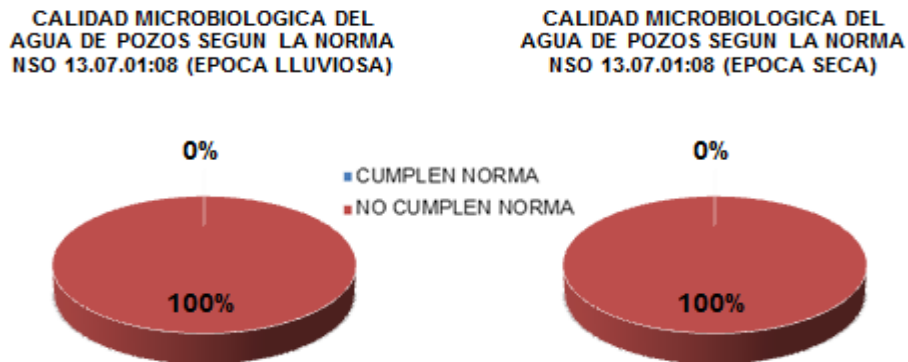
**Tabla N° 3. Resumen de resultados de los parámetros determinados (época seca)**

LMP según Norma NSO 13.07.01:08		< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	< 1.1 NMP/100 mL	100 UFC/mL	Ausencia	Resultado Final
Parámetro		CT	CF	EC	BMA	PA	
Estrato	Código de muestra	Valores obtenidos					
Estrato 1	M8	240 NMP/100 mL	12 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	510 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M52	80 NMP/100 mL	17 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<10 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M87	≥1600 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	890 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M95	≥1600 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	1500 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M200	≥1600 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	800 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M208	≥1600 NMP/100 mL	110 NMP/100 mL	90 NMP/100 mL	2600 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M215	1600 NMP/100 mL	70 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	2400 UFC/mL	Ausencia	No conforme
Estrato 2	M30	2 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<10 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M33	500 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	130 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M80	500 NMP/100 mL	1600 NMP/100 mL	300 NMP/100 mL	130 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M153	≥1600 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	1400 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M178	≥1600 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	500 NMP/100 mL	3800 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M266	300 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL	22 NMP/100 mL	1900 UFC/mL	Presencia	No conforme
Estrato 3	M26	≥1600 NMP/100 mL	220 NMP/100 mL	80 NMP/100 mL	850 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M76	≥1600 NMP/100 mL	130 NMP/100 mL	40 NMP/100 mL	360 UFC/mL	Presencia	No conforme
	M130	≥1600 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	330 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M186	300 NMP/100 mL	13 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	850 UFC/mL	Ausencia	No conforme
	M193	1600 NMP/100 mL	90 NMP/100 mL	50 NMP/100 mL	1100 UFC/mL	Presencia	No conforme

**LMP: Límite Máximo Permissible**  
**CT: Bacterias coliformes totales**

**CF: Bacterias coliformes fecales**  
**EC: Escherichia coli**

**BMA: Bacterias mesófilas aerobias**  
**PA: Pseudomona aeruginosa**



**Figura N° 2. Resultados de la calidad microbiológica del agua de pozos (época lluviosa vs época seca)**

La Figura N° 2 muestra los resultados sobre la calidad microbiológica del agua de pozos. Encontrándose que; tanto en época lluviosa como en época seca, el 100 % de las muestras analizadas no cumplen con lo especificado en la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua potable; ya que, al menos uno de los parámetros determinados para cada muestra, se encuentra “fuera de norma” (Véase Tabla N° 2 y N° 3).

Los resultados indican que el agua de pozos de la colonia La Carmenza se encuentra contaminada con excretas tanto de origen humano como animal, existiendo un riesgo potencial de la presencia de organismos patógenos de origen fecal, los cuales pueden ser transmitidos por el agua. Considerándose mayor riesgo durante la época lluviosa.

La utilización del agua de pozos para el consumo humano y/o uso doméstico, constituye un alto riesgo a la salud ya que ésta se encuentra contaminada con *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*, microorganismos causantes de enfermedades gastrointestinales e infecciones cutáneas y de las mucosas.

## II. RECOMENDACIONES

1. Establecer las condiciones higiénico-sanitarias adecuadas en los pozos y sus alrededores tales como tapar y proteger el pozo, conservar una distancia mínima de 15 m. entre el pozo y la letrina, evitar la presencia de basura, animales y aguas residuales; de manera que garanticen la ausencia total de factores de contaminación microbiana.
2. En el caso de utilizar el agua de pozo para el consumo humano y/o uso doméstico, desinfectarla adecuadamente utilizando métodos fáciles y efectivos como ebullición, cloración, Puriagua o SODIS; de manera que garantice la inactivación de los agentes patógenos.
3. Que la Unidad de Salud El Zamorán de San Miguel proporcione o informe sobre la disposición del Puriagua a los habitantes de la colonia La Carmenza y realice capacitaciones constantes sobre el uso adecuado del mismo, ya que hay muchas personas que no lo conocen ni saben donde adquirirlo.
4. Que la Unidad de Salud El Zamorán de San Miguel gestione la implementación de un programa de control y vigilancia de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, incluyendo el análisis completo de todos los parámetros exigidos por la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable con el objetivo de verificar que estos se encuentren dentro de los límites máximos permisibles.

5. Que la Alcaldía Municipal en conjunto con los habitantes de la colonia La Carmenza, adopten y se comprometan con acciones tecnológicas dirigidas al saneamiento básico, tales como:

a) Gestionar con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) o una Organización No Gubernamental (ONG) la implementación de sistemas de recolección en red de tuberías con arrastre hidráulico (Alcantarillado convencional o Alcantarillado condominial). Lo cual, permita el manejo y disposición final adecuada de las aguas residuales y excretas. Ya que la disposición sin red de recolección (in situ), esta causando la contaminación de las fuentes subterráneas de agua.

b) Implementar un sistema de recolección, manejo y disposición final adecuada de la basura. Ya que ésta, es un factor de contaminación que atrae roedores e insectos y que esta causando la contaminación de las aguas subterráneas de la colonia.

## BIBLIOGRAFIA

1. APHA (American Public Health Association, EE.UU.), AWWA (American Water Works Association, EE.UU.) y WEF (Water Environment Federation, EE. UU.). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. Washington DC, EE. UU. Part. 9000
2. Biblioteca virtual en salud y desastres Guatemala. Guía Metodológica sobre higiene básica [sede Web]. [acceso 12 de julio de 2011]. Disponible en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc12541/doc12541-2.pdf>
3. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), OPS (Organización Panamericana de la Salud). El agua para tomar. Manual de Educación Sanitaria para la persona facilitadora. 1998. [acceso 6 de julio de 2011]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/pciudada/aguaman/aguaman.html>
4. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, ES). 2008. Norma Salvadoreña Agua. Agua potable. (Segunda actualización). NSO 13.07.01:08 [internet]. San Salvador, ES. 20 p. [acceso 10 de marzo de 2011]. Disponible en: [http://www.infoq.org.sv/dbnormas/NSO 13.07.01.08.pdf](http://www.infoq.org.sv/dbnormas/NSO_13.07.01.08.pdf)
5. FDA (Food and Drug Administration). 2000. Bacteriological Analytical Manual [internet]. 8 rev. Arlington, USA. AOAC (Association of Analytical Communities). [acceso 15 de marzo de 2011]. Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm>

6. Fundación SODIS. Desinfección solar. Guía de aplicación [Base de datos en internet]. Lima, Perú. 2003. [acceso 30 de julio de 2011]. Disponible en: [http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente\\_material/manual\\_s.pdf](http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_s.pdf)
7. Giraldo Fernández B. 2004. Guía de promoción y desarrollo comunitario para asegurar la calidad del agua en los países en desarrollo [internet]. Lima, Perú. OPS/CEPIS/Pub. 04.104. Abril, 2004. 90 p. [acceso 13 de marzo de 2011]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/guiapromo.pdf>
8. Ministerio de Salud de El Salvador, OPS (Organización Panamericana de la Salud), PRO VIDA Asociación salvadoreña de ayuda humanitaria. Desinfección de agua, frutas y verduras [internet]. [acceso 3 de julio de 2011]. Disponible en: [http://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/promocion\\_salud/material\\_educativo/componente\\_agua\\_saneamiento/afiches/pdf/afiches\\_agua\\_saneamiento\\_ops.pdf](http://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/promocion_salud/material_educativo/componente_agua_saneamiento/afiches/pdf/afiches_agua_saneamiento_ops.pdf)
9. NMX-AA-042-SCFI-2005. Calidad del agua. -Determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva [internet]. México D.F.A. 22 p. [acceso 17 de abril de 2011]. Disponible en: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2005/proy-nmx-aa-042-scfi-2005.pdf>
10. OPS (Organización Panamericana de la Salud). Guía técnica sobre saneamiento, agua y salud. Tratamiento de emergencia de agua potable en el lugar de consumo. 2009 [internet]. [acceso 7 de julio de 2011]. Disponible en:

[http://contacto.med.puc.cl/MOT/Material\\_Operativos\\_en\\_Terreno/OPS\\_Sc  
amiento\\_Agua\\_y\\_Salud/OPS.\\_Tratamiento\\_emergencia\\_agua\\_potable\\_l  
r\\_consumo.pdf](http://contacto.med.puc.cl/MOT/Material_Operativos_en_Terreno/OPS_Sc<br/>amiento_Agua_y_Salud/OPS._Tratamiento_emergencia_agua_potable_l<br/>r_consumo.pdf)

11. OPS (Organización Panamericana de la Salud). Prevención de la contaminación y mantenimiento de equipos [base de datos en internet]. [acceso 20 de abril de 2011]. Disponible en:  
<http://200.10.250.206/bvsapi/fulltext/perforacion/cap5.pdf>

12. Spiegel M. R. 2003. Probabilidad y estadística. 2 ed. Mexico. Ed. McGRAW-HILL. Trad. J.R. Suarez. 388 p.



## ANEXO N° 1

### Guía de inspección higiénico-sanitaria de pozos (11)



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



#### GUIA DE INSPECCION HIGIENICO-SANITARIA DE POZOS

DIRECCION: \_\_\_\_\_

LUGAR Y PUNTO DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

FECHA/HORA DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

CODIGO DE MUESTRA: \_\_\_\_\_

#### I.- CONDICIONES HIGIENICO SANITARIAS DEL LUGAR DE MUESTREO (tomando como referencia una distancia mínima de 30 m. alrededor del pozo)

- 1.- Presencia de basurales: SI ( ) NO ( )
- 2.- Presencia de animales: SI ( ) NO ( )
- 3.- Aguas residuales y encharcamientos: SI ( ) NO ( )
- 4.- Letrina/fosa séptica: SI ( ) NO ( ) Distancia con el pozo: \_\_\_\_\_

#### II.- CARACTERISTICAS DEL POZO

- 1.- Profundidad (aprox.)<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_
- 2.- Reborde de protección (brocal): SI ( ) NO ( )
- 3.- Revestimiento interno: SI ( ) NO ( )
- 4.- Tapa adecuada: SI ( ) NO ( )
- 5.- Algas en las paredes: SI ( ) NO ( )
- 6.- Insectos/vectores: SI ( ) NO ( )
- 7.- Cañería de descarga (en el caso de pozos con bomba):
- Estado de conservación: Buena ( ) Regular ( ) Mala ( )

Observaciones: <sup>1</sup>Dato proporcionado por el dueño del pozo \_\_\_\_\_

Analista: \_\_\_\_\_

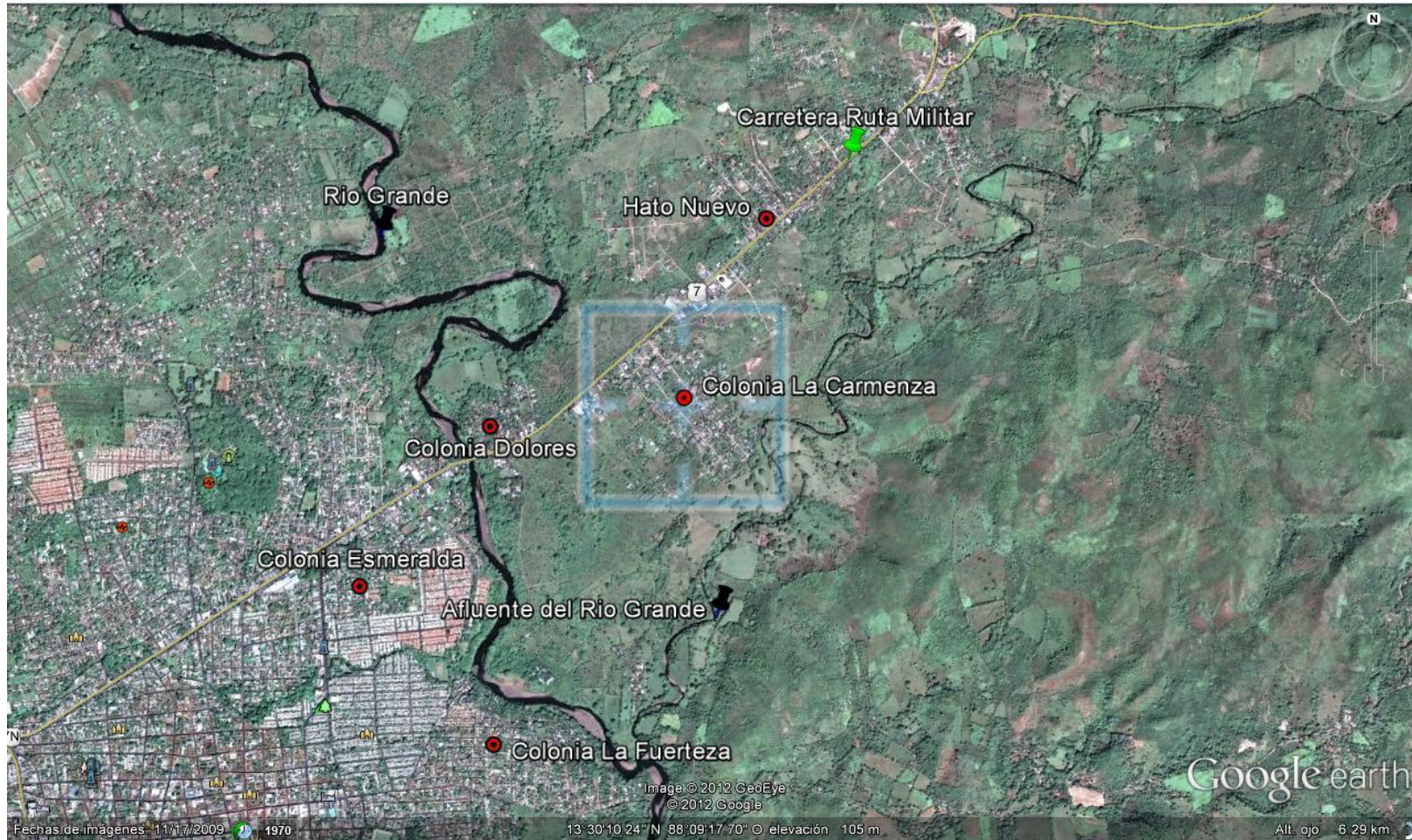
## ANEXO N° 2

**Tabla N° 4. Límites máximos permisibles para calidad microbiológica para agua potable (4).**

Parámetro	Límite máximo permisible		
	Técnicas		
	Filtración por membranas	Tubos múltiples	Placa vertida
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100 ml	<1,1 NMP/100 ml	----
Bacterias coliformes fecales o termotolerantes	0 UFC/100 ml	<1,1 NMP/100 ml	----
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	<1,1 NMP/100 ml	----
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	100 UFC/ ml	----	100 UFC/ ml
Organismos patógenos	Ausencia		

### ANEXO N° 3

#### Ubicación geográfica de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel



## ANEXO N° 4

Ubicación geográfica de los pozos y estratos de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel



- Estrato 1
- Estrato 2
- Estrato 3
- 📍 Pozos
- 🏠 Centro Escolar
- 🚩 Cancha de Fútbol

## ANEXO N° 5

### Pozos seleccionados de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel



- Estrato 1
- Estrato 2
- Estrato 3
- 📌 Pozos
- 🏫 Centro Escolar
- ⚽ Cancha de Fútbol

