

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



**DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y  
MICROBIOLOGICOS DE AGUA DE POZO DEL CANTON AGUA ZARCA,  
CASERIO CENTRO, MUNICIPIO DE ILOBASCO, DEPARTAMENTO DE  
CABAÑAS.**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:  
LUIS ALFREDO AYALA AYALA  
LUIS ALEXANDER GOMEZ ALDANA**

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

**MAYO, 2014**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. REMBERTO MIXCO LOPEZ

**COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION**

**COORDINADORA GENERAL**

LICDA. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO

**ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: QUIMICA AGRICOLA.**

MSc. ENA EDITH HERRERA SALAZAR

**ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: MICROBIOLOGICO.**

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. Ena Edith Herrera Salazar 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.

LUIS AYALA, LUIS GOMEZ

## **DEDICATORIA**

- A Dios: por permitirme alcanzar esta meta brindándome la sabiduría y perseverancia para tener la plena confianza que todas las metas se pueden lograr a través de él.
- A mis padres: Felicito Ayala y Ángela de Ayala por brindarme su apoyo incondicional, por guiarme con mucho amor en el camino de la vida y por sus esfuerzos para lograr mi formación profesional y personal.
- A mis hermanos: Elizabeth Ayala, Dinora Ayala, Humberto Ayala, por brindarme todo su apoyo incondicional a largo de mi formación profesional.
- A mi tía: Elba Rodríguez que me brindo su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional.
- A Julia González por su apoyo incondicional y animarme a lo largo de mi formación profesional.

Luis Ayala

## **DEDICATORIA**

- A Dios: por permitirme alcanzar esta meta brindándome la sabiduría y perseverancia para tener la plena confianza que todas las metas se pueden lograr a través de él.
- A mis padres: Luis Antonio Gómez Ramos y María Ofelia Aldana de Gómez por brindarme su apoyo incondicional, por guiarme con mucho amor en el camino de la vida y por sus esfuerzos para lograr mi formación profesional y personal.
- A mis hermanos: Brayan Alexis Aldana Gómez, Dalila del Carmen Gómez Aldana, por brindarme todo su apoyo incondicional a largo de mi formación profesional.
- A Julia González por su apoyo y colaboración incondicional y animarme a lo largo de mi formación profesional.

Luis Gómez

## INDICE

	<b>Pág.</b>
Resumen	
Capitulo I	
1.0 Introducción	XIX
Capitulo II	
2.0 OBJETIVOS	22
2.1 Objetivo General	22
2.2 Objetivos Específicos	22
Capitulo III	
3.0 Marco Teórico	24
3.1 Datos históricos de Ilobasco	24
3.1.1 Ubicación geográfica del municipio	24
3.1.2 Caracterización geográfica Cantón Agua Zarca	24
3.2 Concepto de agua	25
3.3 Características del agua	26
3.4 Propiedades físicas del agua	26
3.5 propiedades químicas	26
3.6 Tipos de agua	27
3.7 Clases de agua	28
3.7.1 Localización de los pozos	30
3.8 Parámetros Fisicoquímicos	31
3.8.1 Potencial de Hidrogeno pH	31
3.8.2 Conductividad eléctrica	31
3.8.3 Sulfatos	32
3.8.4 Nitratos	33
3.8.5 Dureza	34
3.9 Parámetros Microbiológicos	35
3.9.1 Microorganismos mesofilos aerobios	35

	Pág.
3.9.2 Coliformes Totales	36
3.9.3 Coliformes Fecales	37
3.9.4 <b><i>Escherichia coli</i></b>	37
3.9.5 <b><i>Pseudomona aeruginosa</i></b>	38
3.10 Enfermedades transmitidas por el agua	39
3.11 Diarrea	39
3.11.1 Alcance del problema	40
 Capitulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	42
4.1 Tipo de estudio	42
4.2 Investigación bibliográfica	42
4.3 Investigación de campo	42
4.4 Experimental	43
4.4.1 Universo y muestra	43
4.5 Guía de observación de condiciones higiénico-sanitarias	44
4.6 Parte experimental	45
4.6.1 Toma de muestra para análisis microbiológico	45
4.6.2 Procedimiento para la toma de muestra para análisis Fisicoquímico	45
4.6.3 Análisis microbiológicos	46
4.6.3.1 Recuento de bacteria mesófilas aerobias en placa	46
4.6.3.2 Determinación de Coliformes Totales	47
4.6.3.3 Determinación de Coliformes Fecales	47
4.6.3.4 Determinación de <b><i>Escherichia coli</i></b>	47
4.6.3.5 Determinación de <b><i>Pseudomona aeruginosa</i></b>	48
4.6.4 Análisis Fisicoquímicos	48
4.6.4.1 Determinación de potencial de hidrogeno pH	48
4.6.4.2 Determinación de conductividad eléctrica	49
4.6.4.3 Determinación de dureza total	49
4.6.4.4 Determinación de nitratos	50

	Pág.
4.6.4.5 Determinación de sulfatos	51
4.7 Charla educativa	52
Capitulo V	
5.0 Resultados	55
5.0 Resultados y discusión de resultados	55
5.1 Resultados de la guía de inspección	55
5.2 Resultados de análisis microbiológicos	57
5.3 Resultados recuento de bacteria mesófilas aerobias en placa	57
5.4 Resultados Determinación de Coliformes Totales	59
5.5 Resultados Determinación de Coliformes Fecales	61
5.6 Resultados Determinación de <i>Escherichia coli</i>	62
5.7 Resultados Determinación de <i>Pseudomona aeruginosa</i>	65
5.8 Parámetros Fisicoquímicos	66
5.9 Potencial de Hidrogeno pH	66
5.10 Conductividad eléctrica	67
5.11 Dureza	68
5.12 Nitratos	69
5.13 Sulfatos	71
5.14 Charla educativa	75
5.15 Entrega de resultados	76
Capitulo VI	
6.0 Conclusiones	78
Capitulo VII	
7.0 Recomendaciones	81
Bibliografía	
Glosario	
Anexos	

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo N°

1. Guía de Observación de las Condiciones higiénico-sanitarias de los pozos
2. Modelo de etiqueta para rotulación de frascos en la toma de muestra
3. Mapa del cantón agua zarca, con los puntos de muestreo.
4. Causas de consulta externa en el primer trimestre del año 2013. Unidad de salud Ilobasco Cabañas.
5. Esquemas de determinaciones microbiológicas: determinación bacterias mesofilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa***.
6. Valores máximos permisibles para la Calidad Microbiológico de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, NSO13.07.01:04, y Organización Mundial de la Salud (OMS), para Agua Potable.
7. Tabla Numero Mas Probable (NMP), para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan cinco porciones de 10 mL, cinco porciones de 1 mL y cinco porciones de 0.1 mL.
8. Procedimiento de manejo del equipo: espectrofotómetro
9. Preparación de reactivos y marchas para determinaciones fisicoquímicas, potencial de hidrogeno pH, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos y sulfatos.
10. Valores máximos permisibles para la Calidad Fisicoquímica de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, NSO13.07.01:04, y la Norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para Agua Potable.
11. Certificados de análisis fisicoquímicos de la época lluviosa y época seca.
12. Charla informativa impartida a los habitantes del cantón Aguazarca caserío centro: contenidos impartidos en la charla, tríptico, fotos del día de la charla, lista de asistencia.

13. Carta de entrega de informe de resultados al equipo comunitario en salud familiar.
14. Carta de entrega de informe de resultados a la alcaldía municipal de Ilobasco.
15. Informe de resultados de la guía de inspección higiénico- sanitaria, análisis microbiológicos y fisicoquímicos realizados a muestras de agua de pozo durante los meses de septiembre del 2013 y enero del 2014, cantón Aguazarca caserío centro.

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	pág.
1. Distancias mínimas recomendadas entre un foco de contaminación y un pozo.	30

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°	pág.
1. Tapadera no adecuada del pozo.	57
2. Resultado de determinación de bacterias mesofilas aerobias (época lluviosa vrs época seca)	58
3. Resultado de determinación de bacterias coliformes totales (época lluviosa vrs época seca)	59
4. Resultados de la de terminación coliformes totales caldo LMX	60
5. Resultado de determinación de bacterias coliformes fecales (época lluviosa vrs época seca)	61
6. Resultado de determinación de <i>Escherichia coli</i> .(época lluviosa vrs época seca)	63
7. Determinación de <i>Escherichia coli</i> : a) fluorescencia con luz UV b) formación de anillo indolico.	64
8. Determinación de <i>Pseudomona aeruginosa</i> en Agar Cetrimide.	66
9. Resultado de determinación del parámetro potencial de hidrogeno pH. (época lluviosa vrs época seca)	67
10. Resultado de determinación del parámetro conductividad eléctrica. (época lluviosa vrs época seca)	68
11. Resultado de determinación del parámetro dureza. (época lluviosa vrs época seca)	69
12. Resultado de determinación del parámetro nitratos. (época lluviosa vrs época seca)	70
13. Resultado de determinación del parámetro Sulfatos. (época lluviosa vrs época seca)	71

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	pág.
1. Resultado de la guía de inspección higiénico-sanitaria.	55
2. Resultado de Recuento total de Bacterias Mesófilas Aerobias (época lluviosa vrs época seca)	57
3. Resultado de determinación de bacterias coliformes totales (época lluviosa vrs época seca)	59
4. Resultado de determinación de bacterias coliformes fecales en caldo EC. (época lluviosa vrs época seca)	61
5. Resultado de determinación de <i>Escherichia coli</i> (época lluviosa vrs época seca)	62
6. Resultado de determinación de <i>Escherichia coli</i> en Agar EMB. (época lluviosa vrs época seca)	64
7. Resultado de determinación de <i>Pseudomona aeruginosa</i> (época lluviosa vrs época seca)	65
8. Resultado de determinación del parámetro potencial de hidrogeno pH. (época lluviosa vrs época seca)	66
9. Resultado del parámetro conductividad eléctrica (época lluviosa vrs época seca)	67
10. Resultado de determinación del parámetro dureza (época lluviosa vrs época seca)	68
11. Resultado de determinación del parámetro nitratos (época lluviosa vrs época seca)	69
12. Resultado de determinación del parámetro sulfatos. (época lluviosa vrs época seca)	71
13. Resumen de resultados análisis microbiológico (época lluviosa y época seca)	73
14. Resumen de resultados análisis fisicoquímicos (época lluviosa y época seca)	74

## ABREVIATURAS

- **APHA:** American Public Health Association.
- **CENSALUD:** Centro de Investigación y Desarrollo en Salud.
- **CONACYT:** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- **EDTA:** Ácido Etilendiaminotetracético
- **NET:** Negro de Eriocromo T
- **NMP:** Número más probable.
- **NSO:** Norma Salvadoreña Obligatoria.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **UFC:** Unidades Formadoras de Colonias.

## RESUMEN

El agua es y ha sido el líquido con mayor importancia a nivel mundial, ya que es fundamental en el desarrollo de la vida, tanto humana, animal y vegetal, además de ser uno de los constituyentes más abundantes del planeta.

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo de los pozos del cantón Aguazarca Caserío Centro, municipio de Ilobasco, departamento de Cabañas.

Se seleccionaron 4 pozos de un total de 29 pozos que comprenden el Caserío Centro, por medio de un muestreo aleatorio simple al azar, antes de llevar a cabo el muestreo se realizó un diagnóstico de las condiciones higiénico sanitarias a los 29 pozos por medio de una guía de inspección, con el fin de verificar la existencia de focos de contaminación en los alrededores de los pozos, encontrando que los factores de mayor incidencia en la contaminación son la cercanía y mala ubicación de las letrinas o fosas sépticas, la presencia de basurales y animales domésticos en los alrededores de los mismos.

La calidad del agua se determinó mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos, tal como: pH, conductividad, dureza, nitratos y sulfatos; así como también la calidad microbiológica realizando las siguientes determinaciones: Recuento de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* e identificación de microorganismos patógenos *Pseudomona aeruginosa*; tomando como referencia lo establecido en la American Public Health Association (APHA), luego se compararon los resultados con los parámetros exigidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable.

Los análisis se realizaron en época lluviosa (septiembre de 2013) y en época seca (enero de 2014), determinándose que tanto en época lluviosa

como en época seca. El agua de los 4 pozos muestreados, no cumple con los parámetros microbiológicos según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.08 para agua potable, pero si cumple con los parámetros fisicoquímicos determinados para las dos épocas del año.

Por lo tanto, el agua de pozos del cantón Agua Zarca, Caserío Centro 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 microorganismos patógenos como *Pseudomona aeruginosa*.

Para completar el estudio, se impartió una charla educativa a la población del Cantón Agua Zarca, en la que se brindó información sobre los resultados de la investigación y se dieron recomendaciones sobre el tratamiento de una forma casera del agua de pozo, a través de un tríptico informativo, así mismo se elaboró un informe de resultados, que fue entregado a la directora del Equipo Comunitario en Salud Familiar (ECOSF) del Cantón Agua Zarca y a la Alcaldía Municipal de Ilobasco.

Se recomienda que el Equipo Comunitario en Salud Familiar (ECOSF), realice campañas de verificación de las condiciones higiénicas sanitarias de los pozos; así como a la comunidad que exista una distancia mínima de 25 metros entre el pozo y la letrina o fosa séptica; gestionar programas de monitoreo de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de pozos en conjunto con la Alcaldía Municipal de Ilobasco; implementar un sistema de recolección, manejo y disposición final de la basura; gestionar un sistema de agua potable con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) o una Organización No Gubernamental (ONG).

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

Siendo el agua un líquido vital para la vida, y útil en todas las actividades cotidianas del ser humano. Se vuelve importante determinar su calidad, por que la mayor parte de las enfermedades gastrointestinales infecciosas y parasitarias, son transmitidas por el consumo de agua de mala calidad. Los factores que influyen en la contaminación del agua son muchos siendo algunos de ellos las actividades agrícolas y la inadecuada ubicación de letrinas.

Con esta investigación se determino la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua extraída de pozos artesanales, que son utilizados para el consumo humano en el Cantón Agua Zarca, Caserío Centro del Municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas, por lo que se realizo un diagnóstico que permitió determinar las condiciones higiénicas sanitarias y determinar la presencia de focos de contaminación.

Se realizaron análisis microbiológicos en los 4 pozos seleccionados al azar para determinar la presencia de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, fecales, *Escherichia coli* y microorganismos patógenos como *Pseudomona aeruginosa* y los análisis fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica, dureza, nitratos, y sulfatos, tomando como referencia lo establecido por la American Public Health Association (APHA), los resultados fueron comparados con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua potable, NSO 13.07.01:08 agua potable.

Los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de Agua del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) y el análisis fisicoquímico en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia ambos en la Universidad de El Salvador en época lluviosa (Septiembre del 2013) y época seca (Enero de 2014)

Se impartió una charla educativa a la población en estudio, dándoles a conocer los resultados de la investigación tanto fisicoquímicos como microbiológicos, las condiciones higiénico- sanitarias que deben de mantener en los pozos; métodos caseros de desinfección de agua.

Se recomienda que el Equipo Comunitario en Salud Familiar (ECOSF), realice campañas de verificación de las condiciones higiénicas sanitarias de los pozos; así como a la comunidad que exista una distancia mínima de 25 metros entre el pozo y la letrina o fosa séptica; gestionar programas de monitoreo de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de pozos en conjunto con la Alcaldía Municipal de Ilobasco; implementar un sistema de recolección, manejo y disposición final de la basura;

Asi mismo los resultados fueron entregados a la directora del Equipo Comunitario en Salud Familiar (ECOSF) del cantón Agua Zarca y a la Alcaldía Municipal de Ilobasco.

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**

## 1.0 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de pozo del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro, Municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- 1.2.1 Verificar a través de un diagnóstico las condiciones higiénico-sanitarias en que se encuentran los pozos seleccionados y no tratados del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro, Municipio de Ilobasco.
- 1.2.2 Realizar el análisis fisicoquímico del agua de los pozos: dureza, pH, nitratos, sulfatos, conductividad eléctrica y compararlo con los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08. Agua Potable.
- 1.2.3 Identificar la presencia o ausencia de mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y la bacteria patógena *Pseudomona aeruginosa*.
- 1.2.4 Impartir una charla a la comunidad sobre las condiciones higiénico-sanitarias para el manejo adecuado de los pozos.
- 1.2.5 Dar a conocer al Equipo Comunitario en Salud Familiar (ECOSF) del cantón Agua zarca y a la Alcaldía Municipal de Ilobasco los resultados obtenidos de los análisis de agua de los pozos seleccionados.

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### **3.0 MARCO TEORICO**

#### **3.1 DATOS HISTORICOS DEL LUGAR<sup>(1)</sup>**

La historia de Ilobasco se remonta a la época precolombina. Según historiadores ésta ciudad fue fundada por tribus Lencas y conquistado por guerreros Pipiles. Durante la época colonial hasta los comienzos de 1900, el nombre ha tenido diferentes variaciones. Según los archivos de la iglesia parroquial San Miguel, fue conocido como GILOBASCO, HILOBASCO, XILOBASCO.

##### **3.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO<sup>(1)</sup>**

Ilobasco es una ciudad ubicada en el Departamento de Cabañas, en la Región Paracentral de El Salvador. Su población, de unas 61,510 personas, (Censo poblacional 2007) se dedica a la ganadería, la agricultura del maíz, el comercio y a la alfarería la actividad por la que Ilobasco es más conocido. La extensión territorial del municipio es de 249.69 Kms<sup>2</sup>; para su administración el municipio se divide en 18 cantones y 111 caseríos. La ciudad se divide en los barrios: San Sebastián, San Miguel, Los Desamparados y El Calvario.

Ilobasco se encuentra situado en la cima de una colina a 750 msnm. Está limitado al norte, por los municipios de Sensuntepeque y Jutiapa; al oeste por el municipio de San Isidro; al sur por los municipios del Rosario, Monte San Juan, San Rafael Cedros, departamento de Cuscatlán y San Sebastián, departamento de San Vicente; al este por los municipios de Jutiapa y Tejutepeque, departamento de Cabañas.

##### **3.1.2 Caracterización geográfica del Cantón Agua Zarca<sup>(1)</sup>**

Es delimitado por 3 cantones San Francisco Iraheta, Cerro Colorado y San José, tiene una población de 3325 habitantes de los cuales 1741 son del sexo femenino y 1584 son del sexo masculino, la extensión territorial es de 20 km cuadrados, se divide en 15 caseríos los cuales son: San Antonio, Los Abarca, Santa Isabel, Los Amayas, Los Joveles, Las Rosas, Km 50, Los

Chávez, Los Bonillas, Centro, Los Gómez, Mata de Huerta, Los Flores, Los Arteagas y el Gavilán.

Organización Política Administrativa: La comunidad se encuentra organizada por líderes comunales; ADESCOS, comité de adolescente, comité de salud, comité de lactancia materna, comité de apoyo para el equipo comunitario de salud y club del adulto mayor, cuenta con 3 centros escolares las cuales son escuela Agustín Rivera, escuela San Antonio y escuela El Gavilán, además hay 3 iglesias católicas y 2 evangélicas, así como también con un Equipo Comunitario en Salud Familiar (ECOSF).

El cantón Aguazarca cuenta con un total de 149 pozos artesanales, además cuenta con pilas, quebradas, ríos para el abastecimiento de agua.

Aspectos históricos: Las primeras familias residentes en la zona fueron: Riveras, Salinas, Flores, Crespines, Arteaga.

### **3.2 CONCEPTO DE AGUA** <sup>(21)</sup>

Del latín *aqua*, es un compuesto molecular constituido de hidrógeno y oxígeno de fórmula  $H_2O$ . Cada molécula está constituida por un átomo de oxígeno unido por enlace covalente a los átomos de hidrógeno; en esta unión el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno por lo que forma un enlace covalente polar.

#### **Elemento capaz de experimentar tres tipos de estado:**

**Líquido:** Se encuentra formando los océanos, mares, lagos, lagunas, ríos.

**Gaseoso:** Este estado se encuentra en la atmósfera como vapor de agua, en proporciones variables formando las nieblas y las nubes

**Sólido:** Se presenta como nieve, hielo granizo etc. Formando los nevados y los glaciares.

### 3.3 CARACTERISTICAS DEL AGUA <sup>(21)</sup>

La superficie de la tierra esta cubierta de agua en un 70% y tan solo el 30% es tierra, pero en su mayoría de agua salada, el 97. 5% del agua es el agua de los mares, de los océanos. El resto 2.5% es agua dulce, pero casi toda esta congelada en los polos, en los glaciares. El agua congelada representa el 69.7% del agua dulce, el agua subterránea representa el 30% y en los ríos y en los lagos solamente encontramos el 0. 3% de agua dulce.

### 3.4 PROPIEDADES FISICAS <sup>(21)</sup>

-Apariencia: Incolora, inodora e insípida.

-Densidad: A 4°C, la densidad del agua líquida es de 1.00000 g/ml. A 0°C, la densidad del agua líquida es de 0.99987 g/mL, mientras que la densidad del hielo es de 0.917 g/mL.

-Punto de ebullición: 100°C.

-Punto de congelación: 0°C.

### 3.5 PROPIEDADES QUIMICAS. <sup>(21)</sup>

- Constituye un medio más eficaz para llevar a cabo la mayor cantidad de reacciones químicas.
- Es un compuesto muy estable pues requiere de gran cantidad de energía para descomponerse
- Reacciona con muchos metales desprendiéndose hidrógeno.
- Reacciona con óxidos formando hidróxidos.
- Reacciona con muchas sustancias produciendo reacciones de doble sustitución (Hidrólisis)

### **3.6 TIPOS DE AGUA.** <sup>(21)</sup>

#### **a) Agua natural**

Todas las aguas naturales son impuras, porque contienen sustancias disueltas; entre ellas tenemos el agua de lluvia, el agua de mar entre otros. Las impurezas pueden ser: Sólidos en suspensión, sales disueltas, gases disueltos y sustancias orgánicas.

#### **b) Agua potable**

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

#### **c) Agua dura**

Agua que contiene elevadas concentraciones de sales principalmente de calcio, magnesio y hierro en menor proporción. No es apta para consumo humano ni industrial.

El grado de dureza de la misma será mayor cuanto más calcio y magnesio haya disuelta en ella.

Las aguas con menos de 50 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se llaman blandas. Hasta 100 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , ligeramente duras. Hasta 200 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , moderadamente duras. Y a partir de 200 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , muy duras.

Lo frecuente es encontrar aguas con menos de 300 ppm de carbonato cálcico, pero pueden llegar hasta 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm.

#### d) Agua destilada

El agua destilada es aquella cuya composición se basa en la unidad de moléculas de H<sub>2</sub>O. Es aquella a la que se le han eliminado las impurezas e iones mediante destilación.

Se obtiene por evaporación y condensación inmediata de las aguas naturales al someterse a una operación de ebullición, en el cual el vapor es condensado en el refrigerante. El agua destilada se puede someter a uno, dos y tres operaciones, recibiendo el nombre de bi y tridestilada.

### 3.7 CLASES DE AGUA <sup>(15)</sup> <sup>(21)</sup>

Debido al ciclo hidrológico, el agua no se encuentra en un solo lugar de la tierra sino están en constante movimiento por esta razón hay una serie de criterios para clasificar las aguas, según su ubicación en la tierra y según la cantidad de sales disueltas.

Según su ubicación en la tierra pueden ser: aguas loticas, aguas atmosféricas y aguas freáticas.

**-Aguas Loticas:** Se encuentra en las superficies de la litosfera, en reposo.

Ejemplos: Lagos, estanques, pantanos, charcos, etc.

**-Aguas atmosféricas:** Se encuentran en continuo desplazamiento, ya sea lentamente o en forma torrente ejemplos. Los ríos; estas aguas tienen mayor oxígeno que las anteriores debido al movimiento constante.

**-Aguas Dulce:** Contiene mayor cantidad de sales disueltas que las anteriores, está formando los Ríos, y lagos.

**-Aguas Saladas:** Contiene abundante cantidad de diversas sales (mares: 3,5% de sales disueltas).

**-Aguas subterráneas:** La lluvia puede tomar diferentes rutas cuando cae al suelo y desembocar en ríos, lagos, arroyos, etc... Un porcentaje del agua que va a ser usada por las plantas, otro porcentaje se va a evaporar y regresar a la atmósfera y el resto se va a infiltrar en el suelo.

El agua subterránea se encuentra debajo del suelo entre grietas y espacios que hay en la tierra, incluyendo arena y piedras. El área donde se acumula el agua en las grietas se llama zona saturada. La parte de arriba de esta área se le conoce como nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a un metro del suelo como a cientos de metros debajo de la superficie.

El agua subterránea se acumula en capas de tierra, arena y rocas, conocida como acuíferos. La velocidad a la que el agua se mueve depende del tamaño de los espacios en las capas y de la conexión entre éstos. Los acuíferos consisten típicamente en gravilla, arena, arenilla y piedra caliza. Estos materiales son permeables porque tienen poros grandes que permiten que el agua fluya con mayor rapidez.

El agua subterránea llega a la superficie de forma natural por medio de manantiales, lagos, arroyos, etc... El agua subterránea se puede extraer a través de un pozo o sondeo que se conecta al acuífero. Un pozo o sondeo no es más que una tubería que se conecta al acuífero y se llena con el agua subterránea. El agua se puede extraer por medio de bomba o de forma manual. Los pozos o sondeos que están a poca profundidad se pueden secar si el nivel freático está por debajo de los pozos. Los acuíferos pueden recargarse o volverse a llenar por medio de la lluvia y en otros casos cuando se derrite la nieve.<sup>(15)</sup>

### 3.7.1 Localización de los pozos.<sup>(15)</sup>

Los pozos deben localizarse en los sitios más altos, en terrenos más elevados que las fuentes de contaminación. La superficie del suelo en la localidad del pozo debe inclinarse a partir de él, y debe estar bien drenada, esto asegurara que no se acumulen aguas de desecho en las proximidades del pozo, para constituir una fuente posible de contaminación, ni tampoco charcos de mal aspecto, las distancias mínimas recomendadas desde varios tipos de fuentes de contaminación.

**Cuadro N° 1.** Distancias mínimas recomendadas entre un foco de contaminación y un pozo. <sup>(15)</sup>

<b>Fuentes de contaminación</b>	<b>Distancia mínima recomendada</b>
Alcantarilla de hierro fundido con juntas mecánicas o emplomadas	3 m
Fosa séptica o alcantarilla de losa fuertemente unida	15 m
Retrete de foso de tierra, fosa de filtración o campo de drenaje	23 m
Resumidero que recibe aguas negras sin tratar	30 m

Los pozos muy a menudo tienen capas acuíferas poco profundas para suministrar agua. En muchos de los casos están a tan solo unos pies bajo la superficie del suelo y con frecuencia pueden ser alcanzados sin mayor dificultad, por la contaminación de retretes, sumideros, fosas sépticas, estiércol de los establos y desperdicios agrícolas. Por lo que toda el agua que se infiltra en el suelo está contaminada hasta cierto punto, pero puede volver a su estado normal de uso doméstico y humano a través de procesos de purificación a medida que el agua circula por él. Los procesos de

purificación a través del suelo son eliminación mecánica de microorganismos, filtración o sedimentación. (15)

La contaminación química persiste por mucho más tiempo y viaja más aprisa que la contaminación bacteriana, en las aguas del subsuelo.

### **3.8 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS**

#### **3.8.1 pH<sub>(25)</sub>**

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como  $\text{pH} = \log (1/ [\text{H}^+])$ . Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. Su medición se realiza fácilmente con un pH metro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que, por coloración, indican el pH. Los valores del pH han de ser referidos a la temperatura de medición, pues varían con ella. El pH se corrige por neutralización. (25)

#### **3.8.2 CONDUCTIVIDAD <sub>(25)</sub>**

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de una prima rectangular comparada con la de una solución de ClK a la misma temperatura y referida a 20 grados centígrados. La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de un agua, siempre que:

-No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables.

-Las mediciones se realizan a la misma temperatura.

-La composición del agua se mantenga relativamente constante.

La unidad estándar de resistencia eléctrica es el ohm y la resistividad de las aguas se expresa convenientemente en mega ohm-centímetro.

La conductividad se expresa en el valor recíproco, normalmente como micro siemens por centímetro.

Para el agua ultra pura los valores respectivos son de 18,24 Mohms.cm y 0,05483 ps/cma 25 grados centígrados.<sup>(18)</sup>

### **3.8.3 SULFATOS** <sup>(14)</sup>

El ión sulfato,  $SO_4^{=}$ , corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm, y el agua de mar cerca de 3.000 ppm. Aunque en agua pura se satura a unos 1.500 ppm, como  $SO_4Ca$ , la presencia de otras sales aumenta su solubilidad.

Proceden de rocas sedimentarias, sobretodo yeso y anhidrita, y en menor proporción de la oxidación de los sulfuros de la pirita. En función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido al agua.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo. <sup>(14)</sup>

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas. <sup>(14)</sup>

Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. No afecta especialmente al agua en cantidades moderadas.<sup>(14)</sup>

### **3.8.4 NITRATOS**<sup>(13)</sup>

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se le encuentra formando amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ).

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ ) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. <sup>(13)</sup>

El  $\text{NO}_3^-$  es la especie derivada del nitrógeno más importante. Suponen una fuente de nutrientes importantes para ciertos organismos autótrofos. Una alta concentración de nitratos puede originar el llamado fenómeno de eutrofización, con un aumento en la población de estos organismos autótrofos que compiten con el oxígeno con otros organismos aerobios de mayor tamaño. La concentración de nitratos, al igual que la de nitritos está relacionada con la posterior aparición de algas y para uso de consumo puede provocar metahemoglobinemia o la llamada enfermedad del bebé azul.<sup>(13)</sup>

Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos. Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/l de nitratos (como N) y como resultado de la

conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/l de nitrato (10 mg/l como  $\text{NO}_3\text{-N}$ ).<sup>(13)</sup>

Aunque se ha comprobado que bebés menores de 6 meses que ingieren nitratos en concentraciones altas pueden morir si no reciben tratamiento inmediato, es importante anotar que no todos los niños que ingieren aguas con altos contenidos de nitratos (10 mg/l o más) necesariamente desarrollan la enfermedad. Para ello se requiere una predisposición natural. En este caso, la edad es un factor determinante, porque rara vez se presenta en niños de más de seis meses y mucho menos en adultos.<sup>(13)</sup>

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

Las aguas normales contienen menos de 10 ppm de  $\text{NO}_3^-$ , y el agua de mar hasta 1 ppm, pero las aguas contaminadas, principalmente por fertilizantes, pueden llegar a varios centenares de ppm.<sup>(13)</sup>

### **3.8.5 DUREZA**<sup>(12)</sup>

La dureza del agua se conoció originalmente por la capacidad que tiene el agua para precipitar el jabón, esto es, las aguas requieren de grandes cantidades de jabón para producir espuma. La dureza de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio. También llamada grado hidrotimétrico, la dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno.

Para las aguas subterráneas la dureza depende en gran medida del tipo de depósito geológico que el agua ha atravesado en su camino al acuífero. En depósitos de roca el agua es generalmente blanda (sódica) a pesar del grado de mineralización. Entonces, como regla general los acuíferos

glaciales producen aguadura mientras que los acuíferos de lecho de roca producen agua blanda. No es apta para consumo humano ni industrial. <sup>(12)</sup>

El grado de dureza de la misma será mayor cuanto más calcio y magnesio haya disuelta en ella. Las aguas con menos de 50 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se llaman blandas. Hasta 100 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , ligeramente duras. Hasta 200 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , moderadamente duras. Y a partir de 200 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , muy duras. Lo frecuente es encontrar aguas con menos de 300 ppm de carbonato cálcico, pero pueden llegar hasta 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm. <sup>(12)(21)</sup>

### **3.9 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS**

#### **3.9.1 MICROORGANISMOS MESOFILOS AEROBIOS <sup>(23) (7)</sup>**

Los recuentos de microorganismos viables se basan en el número de colonias que se desarrollan en placas previamente inoculadas con una cantidad conocida de alimento e incubadas en unas condiciones ambientales determinadas. Estos recuentos no pueden considerarse como recuentos totales ya que solo son susceptibles del conteo aquellos microorganismos capaces de crecer en las condiciones establecidas. Se puede conseguir una amplia gama de condiciones variando la temperatura, la atmósfera, la composición del medio y el tiempo de incubación. El intervalo de temperaturas en el que crecen los microorganismos es muy amplio: de  $-34^{\circ}\text{C}$  a  $>90^{\circ}\text{C}$ . En función de esto se encuadra a los microorganismos en tres grupos:

- a) Los que crecen bien a  $7^{\circ}\text{C}$  o por debajo de esta temperatura cuya temperatura: psicófilos.
- b) Los que crecen entre  $20 - 30^{\circ}\text{C}$ , con una temperatura óptima de crecimiento está entre  $30 - 40^{\circ}\text{C}$ : mesófilos.
- c) Los que crecen por encima de los  $45^{\circ}\text{C}$ : termófilos.

### Recuento de mesófilos aerobios<sup>(23)</sup> (7)

En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30° C en las condiciones establecidas. En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de un agua, las condiciones de manipulación, las condiciones higiénicas de la materia prima. Un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena. Ahora bien, salvo en alimentos obtenidos por fermentación, no son recomendables recuentos elevados. <sup>(23)</sup>(7)

### 3.9.2 COLIFORMES TOTALES <sup>(20)</sup> (7)

La denominación genérica Coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. <sup>(20)</sup>

Coliforme significa con forma de *coli*, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la ***Escherichia coli***. <sup>(20)</sup>(22)

Son bacilos Gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo coliforme forman parte varios géneros: ***Escherichia***, ***Enterobacter***, ***Klebsiella***, ***Citrobacter***. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc.

El grupo contempla a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas: <sup>(20)</sup>

- a) Ser aerobias o anaerobias facultativas;
- b) ser bacilos Gram negativos;
- c) no ser esporógenas;
- d) fermentar la lactosa a 37 °C en 48 horas, produciendo ácido láctico y gas.

### 3.9.3 COLIFORMES FECALES<sup>(22)(7)</sup>

Los coliformes fecales llamados también termo tolerante debido a que pueden sobrevivir a temperaturas comprendidas entre los 44 y 45 °C, es un grupo de microorganismos reducido los cuales son indicadores de la calidad de agua y alimentos, ya que son de origen fecal. Este grupo es representado principalmente por ***Escherichia coli***, así como también otros menos frecuentes como ***Citrobacter freundii*** y ***Klebsella pneumoniae*** aunque estos dos microorganismos se les atribuye su origen a la vegetación y algunos casos en aparecen en el intestino.<sup>(22)(7)</sup>

Los coliformes fecales pertenecen al grupo de las coliformes totales, se diferencian de los demás microorganismos del grupo, en que son indol positivo, la temperatura de crecimiento óptimo es de 45 °C, son buenos indicadores de la calidad de alimentos y agua, ya que su presencia indica contaminación con material fecal de origen humano o animal, ya que estos microorganismos se encuentran en las heces, presentes en la flora intestinal y de ellos un 90% a un 100 % en la ***E. coli***.<sup>(22)(7)</sup>

### 3.9.4 ***ESCHERICHIA COLI*** <sup>(7) (10)</sup>

***Escherichia coli*** (***E. coli***) es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas. Sin embargo algunas de ellas, como ***E. coli enterohemorrágica*** (EHEC), pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos. La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida, leche cruda, y hortalizas y semillas germinadas crudas contaminadas.<sup>(7)</sup>

Su importancia como problema de salud pública se hizo patente en 1982, después de un brote registrado en los Estados Unidos de América. EHEC produce toxinas, conocidas como verotoxinas o toxinas de Shiga por su semejanza con las toxinas producidas por ***Shigella dysenteriae***. EHEC puede crecer a temperaturas que oscilan entre 7 °C y 50 °C, con una temperatura óptima de 37 °C. Algunas EHEC pueden proliferar en alimentos

ácidos, hasta a un pH de 4,4, y en alimentos con una actividad de agua ( $A_w$ ) mínima de 0,95. Se destruye cocinando los alimentos hasta que todas las partes alcancen una temperatura de 70 °C o más. ***E. coli*** O157: H7 es el serotipo de EHEC más importante por su impacto en la salud pública, pero hay también otros serotipos frecuentemente implicados en brotes y casos esporádicos.<sup>(7)</sup>

La mayoría de las ***E. coli*** son inofensivas. Sin embargo, algunos tipos pueden producir enfermedades y causar diarrea. Un tipo causa la diarrea del viajero. El peor tipo de ***E. coli*** causa una diarrea hemorrágica y a veces puede causar insuficiencia renal y hasta la muerte. Estos problemas tienen más probabilidades de ocurrir en niños y en adultos con sistemas inmunológicos debilitados.<sup>(10)</sup>

La presencia regular de ***E. coli*** en el intestino humano y de las heces ha llevado al seguimiento de la bacteria en la naturaleza como un indicador de la contaminación fecal y la contaminación del agua. Como tal, se entiende que, siempre que se encuentra ***E. coli*** puede haber contaminación fecal por parásitos intestinales de los seres humanos.<sup>(10)</sup>

### 3.9.5 ***PSEUDOMONA AERUGINOSA*** <sup>(7)(19)</sup>

*Pseudomona aeruginosa* pertenece a la familia ***Pseudomonadaceae*** y es un bacilo gramnegativo aerobio con un flagelo polar. Cuando se cultiva en medios adecuados produce piocianina, un pigmento azulado no fluorescente. Muchas cepas producen también el pigmento verde fluorescente pioverdina.  
<sup>(12)(9)</sup>

***Pseudomona aeruginosa***, al igual que otras Pseudómonas fluorescentes, produce catalasa y oxidasa, así como amoniaco a partir de la arginina, y puede utilizar citrato como única fuente de carbono.

***Pseudomona aeruginosa*** puede causar diversos tipos de infecciones pero rara vez causa enfermedades graves en personas sanas sin algún factor predisponente. Coloniza predominantemente partes dañadas del organismo,

como quemaduras y heridas quirúrgicas, el aparato respiratorio de personas con enfermedades subyacentes o las lesiones físicas en los ojos. Desde estos lugares puede invadir el organismo y causar lesiones destructivas o septicemia y meningitis. Las personas con fibrosis quística o inmunodeprimidas son propensas a la colonización por *P. aeruginosa*, que puede conducir a infecciones pulmonares progresivas graves. (7)(19)

Las foliculitis y las otitis relacionadas con el agua se asocian con ambientes húmedos y cálidos como las piscinas y bañeras de hidromasaje. Muchas cepas son resistentes a diversos antibióticos, lo que puede aumentar su relevancia en el ámbito hospitalario.

***Pseudomona aeruginosa*** es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua y las aguas residuales. Puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas propicias en contacto con el agua. (7)(19)

### **3.10 ENFERMEDADES TRASMITIDAS POR EL AGUA**

#### **3.11 DIARREA.** (17)(9)

La diarrea se produce en todo el mundo y hace que el 4% de todas las muertes y el 5% de pérdida de la salud a la discapacidad. Es más comúnmente causada por infecciones gastrointestinales que matan a unos 2,2 millones de personas en el mundo cada año, la mayoría niños en los países en desarrollo. El uso de agua en la higiene es una importante medida preventiva pero el agua contaminada es también una causa importante de diarrea. (17)

La diarrea es la evacuación de heces sueltas o líquidas con más frecuencia de lo normal para el individuo. Se trata principalmente de un síntoma de infección gastrointestinal. (17)(9)

La diarrea es un síntoma de la infección causada por una serie de organismos bacterianos, virales y parasitarias mayoría de los cuales se pueden propagar por el agua contaminada. Es más común cuando hay una escasez de agua limpia para beber, cocinar y limpieza y la higiene básica es importante en la prevención.

El agua contaminada con heces humanas, por ejemplo, de las aguas residuales municipales, los tanques sépticos y letrinas es de especial preocupación. Heces animales también contienen microorganismos que pueden causar diarrea. (17)

El agua puede contaminar los alimentos durante el riego, y los peces y mariscos de aguas contaminadas también pueden contribuir a la enfermedad.(15)

Los agentes infecciosos que causan diarrea están presentes o se introduce de forma esporádica en todo el mundo. En todo el mundo alrededor de 1,1 mil millones de personas carecen de acceso a fuentes mejoradas de agua y 2.4 millones carecen de saneamiento básico. La diarrea debido a la infección es generalizada en todo el mundo en desarrollo.(9)

#### 3.11.1 Alcance del problema

Especialmente en los países en desarrollo, la diarrea es una importante causa de muerte. En 1998, la diarrea se calcula que han muerto 2,2 millones de personas, la mayoría de los cuales eran menores de 5 años (OMS, 2000). Cada año hay aproximadamente 4 millones de casos de diarrea a nivel mundial.(17)

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## **4.0 DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 TIPO DE ESTUDIO (Longitudinal, Campo, Experimental)**

Longitudinal: debido a que el estudio se llevo a cabo en dos épocas del año época seca y lluviosa.

De campo: porque dentro de los objetivos planteados se encuentra realizar un diagnóstico higiénico- sanitario de los pozos.

Experimental: Para todos los análisis desarrollados en la investigación tanto determinaciones microbiológicas como fisicoquímicas, se utilizaron los métodos propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water de la American Public Health Association (APHA).

### **4.2 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA**

Se realizó en las bibliotecas siguientes:

- “Dr. Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador
- Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer.
- Central de la Universidad de El Salvador.
- Internet

### **4.3 Investigación de campo.**

Para llevar a cabo la investigación se visitó la unidad de salud del Municipio de Ilobasco y se entrevistó al jefe de los promotores de salud al que se le solicitó el número de habitantes, número de pozos y las causas de consulta externa de la población del Caserío Centro del Cantón Agua Zarca. (Ver anexo N° 2).

- Tamaño de la población 470 habitantes
- Numero de pozos 29

Se realizó una visita a los pozos del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro para realizar un diagnóstico de las condiciones higiénico-sanitarias.

**4.4 Experimental:** la determinación de los parámetros microbiológicos: bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, y la patógena *Pseudomona aeruginosa* y los parámetros fisicoquímicos: dureza, nitratos, pH, sulfatos y conductividad eléctrica se realizaron de acuerdo a los métodos establecidos por los Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water de la APHA (American Public Health Association).

#### 4.4.1 Universo y Muestra

**Universo:** Los 29 pozos artesanales del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro.

**Tipo de muestreo:** Aleatorio simple al azar<sub>(3)</sub>

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

En donde:

N = Tamaño de muestra

Z= valor para un nivel de confianza de 95%

P = Probabilidad de sucesos

d= error máximo que se puede cometer

q= proporción poblacional donde no ocurre el evento.

Sustituyendo en la formulas los siguientes valores:

N = 29 (numero de pozos del caserío centro)

Probabilidad = 0.5

Se tiene:

$$n = \frac{(29)(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(0.05)^2(29 - 1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$n = 3.77 \approx 4$

Donde 4.0 es el número total de pozos a muestrear.

**Muestra:** El agua para consumo humano obtenida de los pozos seleccionados del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro, Municipio de Ilobasco. Conformada por 4 pozos q son el resultado de la utilización de la formula de muestreo aleatorio simple al azar. Se tomaron muestras de 4 pozos debido que al realizar los cálculos con la fórmula del muestreo aleatorio simple al azar, se obtuvo un valor de 3.77 lo que se aproxima a 4. La recolección se realizó en septiembre del 2013 y enero del 2014 analizando 4 muestras por duplicado para la parte fisicoquímica y 4 muestras para la parte microbiológica, sumando 12 muestras por época, haciendo un total de 24 muestras en las dos épocas.

Los 4 pozos se seleccionaron bajo los criterios: Que en la vivienda donde se encontraba el pozo seleccionado hayan niños que consumen el agua extraída del mismo, ya que los niños son los más susceptibles a enfermedades gastrointestinales <sup>(15)</sup> y que los pozos se encontraran localizados, dos en el centro y uno en cada extremo del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro. (Ver anexo N° 3)

#### **4.5 Guía de Observación de las Condiciones higiénico-sanitarias del universo de los pozos.<sup>(2)</sup>**

Se observó la situación actual en la que se encuentran los pozos, describiendo las condiciones higiénicas-sanitarias de cada uno de los 29 pozos, que son todos los que se encuentran en el caserío centro. Las condiciones observadas fueron: tipo de material de la tapadera, profundidad, distancia entre el pozo y la letrina, presencia de animales domésticos y otros en los alrededores del pozo, entre otras. (Ver anexo N° 1).

## **4.6 Parte experimental**

### **4.6.1 Toma de muestra para análisis microbiológico.**<sup>(2)(11)</sup>

Procedimiento para la toma de muestra en pozos que tienen bomba. <sup>(1)(6)</sup>

1. Limpiar la boca del tubo PVC con un algodón humedecido con alcohol.
2. Encender la bomba y dejar fluir el agua durante 3-5 minutos.
3. Quitar el tapón del frasco de plástico de capacidad de 1 litro esterilizado y evitar cualquier contacto con el interior del frasco.
4. Llenar el frasco tapar y rotular
5. Colocar la muestra en una hielera y preservar a temperatura entre 4°C – 10°C para trasladarla al laboratorio. (Ver anexo N° 2).

Procedimiento para la toma de muestra en pozos sin bomba. <sup>(2)(11)</sup>

1. Introducir el frasco de plástico de capacidad de 1 litro estéril al fondo del pozo con la ayuda de una cuerda y una pesa atada a la base del frasco.
2. Sacar el frasco lleno de agua.
3. Tapar el frasco y rotularlo.
4. Colocar la muestra en una hielera y preservar a temperatura entre 4°C – 10°C para trasladarla al laboratorio. (Ver anexo N° 2).

### **4.6.2 Procedimiento para la toma de muestra para análisis físico-químico.** <sup>(2)</sup>

1. Utilizar frascos plásticos con tapa de un litro de capacidad, que estén limpios o nuevos.
2. Enjuagar el frasco por lo menos 3 veces con la muestra.
3. Colocar la muestra en una hielera y preservar a temperatura entre 4 – 10 °C para trasladarla al laboratorio.
4. Identificar el envase que contiene la muestra con los siguientes datos lugar, fecha y hora de muestreo. Tipo de análisis, recolector de muestra. (Ver anexo N° 2).

### 4.6.3 Análisis microbiológicos

#### 4.6.3.1 Recuento de bacteria mesófilas aerobias en placa. (2) (5)

Método de recuento en placa.

1. Preparación de las diluciones, tomar 10 mL de agua de pozo con pipeta y transferirlo a un frasco que contenga 90 mL de diluyente agua peptonada al 0.1 %. Esta será la dilución  $10^{-1}$
2. De la dilución anterior tomar 10 mL y transferirlo a un frasco que contenga 90 mL de diluyente agua peptonada al 0.1 % esta será la dilución  $10^{-2}$
3. De la dilución anterior tomar 10 mL y transferirlo a un frasco que contenga 90 ml de diluyente agua peptonada al 0.1 % esta será la dilución  $10^{-3}$
4. Tomar de cada dilución y de la muestra sin diluir 1 mL con pipeta y pasarlo a placas de petri por duplicado, rotular cada una de las placas con la respectiva dilución y número de muestra, a cada una de las placas añadirle entre 15-20 mL de agar plate count, debe estar entre 45 °C.
5. Homogenizar el inóculo con el agar con movimientos circulares en forma de ocho, dejar reposar las placas para que solidifique el agar, una vez solidificado invertir las placas y incubarlas a 35°C por 24-48 horas.
6. Contar las colonias usando un contador de colonias y reportar resultados en UFC/mL.
7. Sacar el promedio aritmético de las dos placas inoculadas para cada dilución y obtener las UFC/mL. (Ver anexo N° 5).

#### 4.6.3.2 Determinación de coliformes totales

##### **Técnica número más probable (NMP)** <sup>(2)</sup> <sup>(22)</sup>

1. Preparar la cantidad de 15 tubos conteniendo caldo LMX, 5 conteniendo 10 mL de concentración doble y 10 tubos conteniendo 10 ml de concentración simple.
2. Inocular 10 mL de la muestra (agua de pozo) en los 5 tubos de concentración doble.
3. Inocular 1ml de la muestra (agua de pozo) en 5 tubos de concentración simple y 0.1 mL en 5 tubos de concentración simple.
4. Homogenizar cada serie de 5 tubos con una agitación suave.
5. Incubar los tubos x 24-48 horas a  $35 \pm 0.5$  °C.
6. Se considera positiva la prueba para coliformes totales si los tubos presenta una coloración azul y presencia de gas.
7. Calcular el NMP utilizando la tabla para 15 tubos y reportar los resultados como NMP/100 mL. (Ver anexo N° 5).

#### 4.6.3.3 Determinación de coliformes fecales. <sup>(2)</sup>

1. De los tubos positivos de la prueba de coliformes totales, pasar 2 a 3 asadas a tubos que contengan 10 mL de caldo EC y campana de Durham.
2. Incubar a 44.5 °C durante 24-48 horas, en baño de agua.
3. Se considera positiva la prueba para coliformes fecales si los tubos presentan turbidez y presencia de gas.
4. Calcular el NMP utilizando las tablas y reportar como NMP/100 mL. (Ver anexo N° 5).

#### 4.6.3.4 Determinación de *Escherichia coli*. <sup>(2)</sup>

1. Los tubos que resultaron positivos en la determinación de coliformes totales, caldo LMX, observarlos con luz ultravioleta.
2. Se considera la presencia de *Escherichia coli* como positiva si la coloración presenta fluorescencia brillante.

3. Para confirmar la presencia de *Escherichia coli* agregar 3-5 gotas de reactivo de Kovacs, se considera positivo si se forma en la superficie un anillo de color rojo.
4. Por el método de estrías antes de agregar el reactivo de Kovacs, tomar una asada y estriar en placas de petri que contengan agar EMB.
5. Incubar a 35 °C 2 °C x 24 horas.
6. Se considera positivo la presencia de colonias verdes brillantes metálicas. (Ver anexo N° 5).

#### 4.6.3.5 Determinación de *Pseudomona aeruginosa*. (2)

1. De los tubos positivos de la prueba de coliformes totales, tomar una asada y por el método de estrías, inocular en cajas de petri con Agar Cetrimide.
2. Incubar las placas a 35°C x 24 horas.
3. Se considera positiva la presencia de *Pseudomona aeruginosa* si después del periodo de incubación se encuentran colonias verdes que presentan fluorescencia con luz ultravioleta. . (Ver anexo N° 5).

#### 4.6.4 Análisis fisicoquímico

##### 4.6.4.1 Determinación de potencial de hidrogeno pH (2)

Método: potenciométrico

Calibración del equipo.

Procedimiento.

1. Mantener los electrodos en solución de almacenamiento siempre que no se esté utilizando (las soluciones pueden ser pH 4 y pH 7 y solución de KCl 3M).
2. Encender el equipo pulsando el botón on/off
3. Sacar el electrodo de la solución de almacenamiento, lavar con agua destilada, secar con papel suave.

4. Introducir el electrodo en la solución, iniciar con buffer pH 7, leer y anotar, sacar lavar y secar.
5. Introducir el electrodo en la solución buffer pH 4 leer y anotar, lavar y secar.
6. Introducir el electrodo en la solución buffer pH 10 leer y anotar, lavar y secar.
7. Enjuagar con agua destilada el electrodo y secar con un paño suave para eliminar el exceso de agua
8. Analizar la muestra.

#### **Procedimiento para la medición de la muestra. (2)**

1. Colocar 30 mL de la muestra a analizar en vasos de precipitados de 50 mL.
2. Introducir el electrodo en la muestra, leer el valor de pH y anotarlo.
3. Sacar los electrodos de la muestra, lavar con agua destilada y secar con un paño suave, repetir cada vez que se haga una medición.

#### **4.6.4.2 Determinación de Conductividad (2)**

Método: de laboratorio

Procedimiento

1. Ambientar la celda tres veces con la muestra a analizar
2. Llenar la celda 1 cm arriba del electrodo
3. Seleccionar un rango (1,10, 100,1000) y presionar el botón para leer directamente en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .
4. Leer y anotar la conductividad según indica la aguja marcadora.

#### **4.6.4.3 Determinación de Dureza Total (2)**

Método: titrimétrico

Procedimiento.

1. Pipetear 50 mL de la muestra a un erlenmeyer de 150 mL
2. Agregarle 2.0 mL de solución amortiguadora de Hidróxido de Amonio, agitar suavemente.

3. Agregar dos gotas de la solución concentrada NET (negro de eriocromo T) (ver anexo 9)
4. Titular la muestra con la solución estándar de EDTA 0.01M, el punto final se puede apreciar por el viraje de color de rojo vino a un color azul.
5. Anotar el volumen de la solución de EDTA 0.01M gastado.

Cálculos:

Dureza como mg CaCO<sub>3</sub>/L = A x B X 1000 / volumen de muestra en mL

Dónde:

A = mL de titulante gastado por muestra

B= 1.0 mg CaCO<sub>3</sub> equivalentes a 1.00 mL de EDTA como titulante

#### **4.6.4.4 Determinación de Nitratos** <sup>(2)</sup>

Método: Espectrofotométrico.

Procedimiento

Reactivos:

- Agua exenta de nitrato.
- Solución madre de nitrato.
- Solución intermedio de nitrato.
- Solución de ácido clorhídrico HCl 1N.

1. Tratamiento de la muestra.

Si fuere necesario agregar 1 mL de solución de HCl 1N a 50.0 ml de muestra transparente y filtrada.

2. Preparación de la curva patrón.

Preparar los estándares para la curva de calibración de 0 a 7 mg de NO<sub>3</sub> por dilución a 50.0 mL de los siguientes volúmenes de solución intermedia de nitrato 0, 1.0, 2.0, 4.0, 7.0, 14.0, 21.0, 28.0, 35.0 mL, tratar los patrones de la misma manera que las muestras. (Ver anexo N° 9).

### 3. Medida espectrofotométrica de la muestra.

Leer la absorbancia frente agua redestilada, ajustando la absorbancia a cero, utilizar la longitud de onda 220 nm. Utilizar la longitud de onda a 220 nm para obtener la lectura de nitrato, y a 275 para determinar la interferencia debido a materia orgánica disuelta. (Ver anexo N° 9).

#### **4.6.4.5 Determinación de Sulfatos (2)**

Método: Turbidimétrico.

Reactivos:

- Solución tampón A.
- Cloruro de Bario.
- Solución patrón de sulfatos.

#### **Preparación del blanco**

1. Medir en un balón volumétrico 100.0 mL de agua desmineralizada.
2. Adicionar 5 mL de solución reguladora "A"
3. Introducir un agitador magnético al erlenmeyer y agitar en hotplate por 60 segundos utilizando un cronometro.
4. Agregar 1 cucharadita de Cloruro de Bario ( $\text{BaCl}_2$ ) cronometrar.
5. Agitar en hotplate por  $60 \pm 2$  segundos a velocidad constante.
6. Transferir la suspensión a la celda de lectura del Espectrofotómetro Lambda 12.
7. Leer a 420 nm de longitud de onda en Espectrofotómetro Ultravioleta Visible.

#### **Preparación de los estándares para la elaboración de la curva de calibración:**

1. Preparar patrones de Sulfatos  $\text{SO}_4^{2-}$  en incrementos de 5 mg/L en el rango de de 0 a 40 mg/L  $\text{SO}_4^{2-}$  Por interpolación en la curva de calibración conocer la concentración de sulfatos presentes en la muestra. (Ver anexo N° 9).

### **Preparación de las muestras**

1. Medir 100.0 mL de muestra en el balón volumétrico y transferir a erlenmeyer de 250 mL.
2. Adicionar 20.0 mL de solución tampón "A".
3. Introducir un agitador magnético al Erlenmeyer y agitar en hotplate por 60 segundos y medir tiempo.
4. Agregar 1 cucharada cristales de Cloruro de Bario ( $\text{BaCl}_2$ ).
5. Agitar por  $60 \pm 2$  segundos a velocidad constante.
6. Transferir la suspensión a la celda de lectura del Espectrofotómetro Lambda 12.
7. Leer a 420 nm de longitud de onda en Espectrofotómetro Ultravioleta Visible, a los  $5 \pm 0.5$  minutos

### **4.7 CHARLA EDUCATIVA**

La charla educativa tuvo como objetivo brindar a los habitantes del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro, Municipio de Ilobasco, Departamento de Cabañas los resultados del diagnóstico de las condiciones higiénicas sanitarias en las que se encuentran los pozos de la comunidad, así como también los resultados de los análisis microbiológicos y físico-químicos de los 4 pozos seleccionados.

También se dieron recomendaciones pertinentes para mejorar condiciones higiénicas- sanitarias de los pozos. La charla se impartió en la casa comunal de ese Cantón.

Los resultados de esta investigación fueron entregados a la directora del Equipo Comunitario en Salud Familiar (ECOSF) del Cantón Aguazarca y a la Alcaldía Municipal de Ilobasco.

#### **Contenidos tratados en la charla:**

-Definición de los diferentes microorganismos que se estudiaron en esta investigación de acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

-Efectos a la salud cuando los límites fisicoquímicos y microbiológicos no cumplen con la Normativa Salvadoreña para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

- Resultados del diagnostico de las condiciones higiénico-sanitarias evaluadas en los pozos del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro.

- Resultados de los análisis microbiológicos y físico-químicos realizados.

- Recomendaciones para el mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias en los pozos. (9)(26)(27) (Ver anexo N° 12).

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para llevar a cabo la investigación se visitó la unidad de salud del municipio de Ilobasco y se entrevistó al jefe de los promotores de salud al que se le solicitó el tamaño de la población, número de pozos y las causas de consulta externa del Caserío Centro del Cantón Agua Zarca.

Se realizó una visita a cada uno de los 29 pozos que comprenden el Caserío Centro del Cantón Agua zarca, a través de una guía de inspección se conoció las condiciones higiénico-sanitarias (Ver tabla N° 1).

Por medios de un muestreo aleatorio simple al azar se determinó los 4 pozos seleccionados. En el mes de septiembre del 2013 se tomaron 12 muestras, 4 para el análisis microbiológico y 8 para el análisis fisicoquímico correspondientes a la época lluviosa y en enero de 2014 se tomaron 12 muestras, 4 para el análisis microbiológico y 8 para el análisis fisicoquímico que corresponden a la época seca, los análisis microbiológicos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Microbiología de Aguas del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) y los análisis fisicoquímicos en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia ambos de la Universidad de El Salvador.

### 5.1 RESULTADOS DE LA GUIA DE INSPECCION DE LAS CONDICIONES HIGIENICO-SANITARIAS.

**Tabla N°1:** Resultado de la guía de inspección higiénico-sanitaria.

CONDICIONES VERIFICADAS	RESPUESTAS	%
¿Se encuentra tapado el pozo?	Si	100
¿Cuál es el material de construcción de la tapadera?	Madera Mixta: madera y lamina	41.40 58.60
¿Se encuentran animales domésticos cerca del pozo?	Si	100
¿A que distancia se encuentra la letrina o fosa séptica?	Entre 10-20 metros Entre 20-30 metros	68.96 31.04
¿Existen botaderos de basura cerca del pozo?	Si	100

**Tabla Nº 1.** Continuación

¿A que distancia?	1-10 metros	37.96
	10-20 metros	62.04
¿Cuántos metros tiene de profundidad el pozo?	Entre 1-15 metros	79.32
	Entre 15-30 metros	20.68
¿Cada cuanto tiempo se realiza la limpieza del pozo?	2 veces por año	6.90
	1 vez por año	93.10
¿Tiene bomba el pozo?	Si	72.41
	No	27.59
¿Hay cerca del pozo agua superficial estancada?	Si	62.06
	No	37.94
¿Qué actividades se realizan cerca del pozo?	Agrícola	79.31
	Ganadera	20.69

Antes de realizar la toma de muestra se realizó el diagnóstico de los 29 pozos que permitió la verificación de las condiciones higiénico-sanitarias. En la **Tabla Nº 1** se muestran los resultados de dicho diagnóstico. Encontrándose que uno de los factores contaminante con mayor incidencia es la presencia de animales domésticos con el 100 %. Los animales encontrados principalmente son (gallinas y ganado, principalmente), seguidamente de la presencia de basurales con el 100% a diferentes distancias de los mismos, debido a que en la zona rural no existe un sistema de recolección o tratamiento de desechos lo que probablemente disminuye la calidad del agua de los pozos.

De igual manera el 68.96% de las letrinas se encuentran a distancias menores de 15 m. de los pozos. Así como también la mala ubicación con respecto al terreno ya que en algunos pozos la letrina se encuentra en la parte mas alta del terreno, siendo lo ideal que se encuentre en la parte más alta del terreno.

La limpieza del interior de los pozos es un factor determinante en la calidad del agua, ya que con el diagnóstico se logró detectar que el 93.10 % son limpiados una vez cada año, lo que permite el crecimiento de lama en las

paredes lo que facilita la proliferación de microorganismos, de igual forma la profundidad influye en la contaminación de los pozos ya que el 79.31 % están entre 1-15 m, lo que los hace más propensos a la infiltración de agentes contaminantes desde la superficie. (15)



**Figura N° 1:** Tapadera no adecuada del pozo.

En la **Figura N°1** se muestra que uno de los factores de contaminación que también inciden en calidad del agua son las tapas no adecuadas, lo que permite que entren partículas del ambiente al interior del pozo.

## 5.2 ANALISIS MICROBIOLÓGICOS.

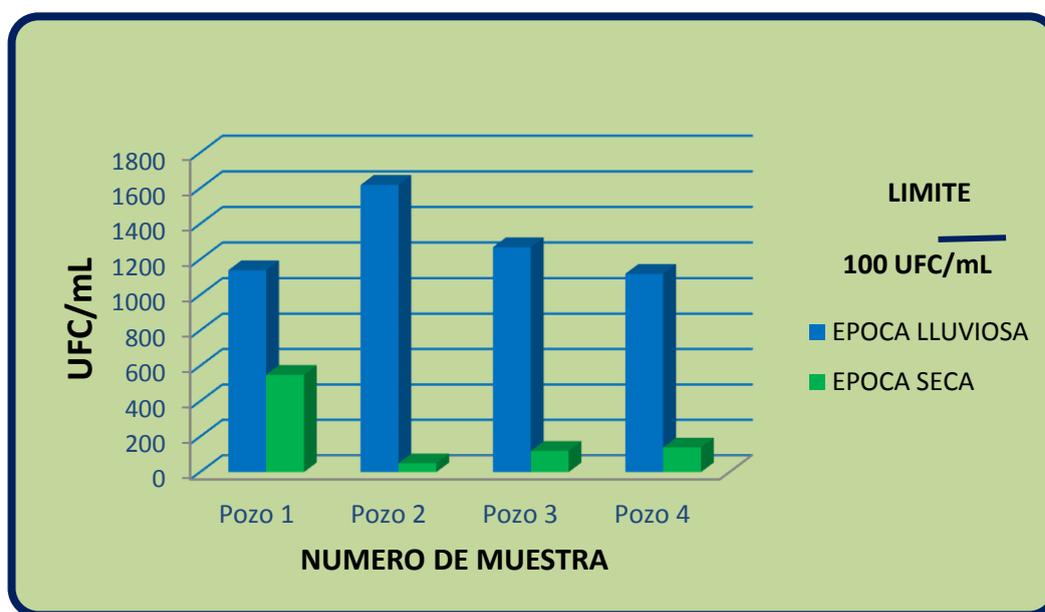
### 5.2.1 Recuento de bacteria mesófilas aerobias en placa

**Tabla N°2:** Resultado de Recuento total de Bacterias Mesófila Aerobias.

Primer muestreo: Septiembre (época lluviosa)		
Nº de MX	VALOR OBTENIDO BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS	LIMITE MAXIMO SEGÚN LA NORMA NSO 13.07.01:08 (100UFC/mL)
Pozo 1	1140 UFC/ mL	No Conforme

**Tabla N° 2: Continuación**

Pozo 2	1620 UFC/ mL	No Conforme
Pozo 3	1270 UFC/ mL	No Conforme
Pozo 4	1120 UFC/ mL	No Conforme
Segundo muestreo: Enero (época seca)		
Pozo 1	550 UFC/ mL	No Conforme
Pozo 2	50 UFC/ mL	Conforme
Pozo 3	120 UFC/ mL	No Conforme
Pozo 4	140 UFC/ mL	No Conforme

**Figura N°2.** Resultado de determinación de bacterias mesofilas aerobias.

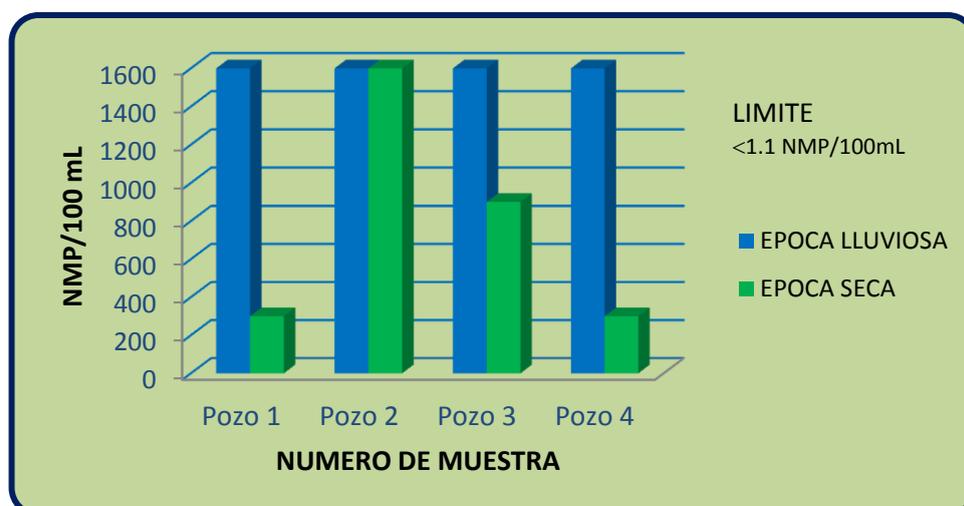
En la **Figura N°2** se grafican los resultados de la determinación de bacterias mesofilas aerobias determinando que para todos los pozos en época lluviosa no cumple con la especificación de la norma salvadoreña NSO 13.07.01.08. Agua Potable, que es 100 UFC/mL, en la época seca además de notarse una disminución en los pozos 1, 3 y 4, el pozo 2 cumple con la especificación. Lo que indica que el grado de contaminación es mayor en la época lluviosa con respecto a la época seca debido a la infiltración por medio de las corrientes de agua lluvia de los diferentes tipos de contaminación que se encuentran en la superficie.

Este grupo de bacterias indica el grado de contaminación del ambiente, es decir de los alrededores de los pozos los que influyen en la calidad microbiológica del agua extraída de éstos.

### 5.2.2 COLIFORMES TOTALES

**Tabla N°3:** Resultado de determinación de bacterias coliformes totales.

Primer muestreo: Septiembre(época lluviosa)		
Nº de MX	VALOR OBTENIDO COLIFORMES TOTALES	LIMITE MAXIMO SEGÚN LA NORMA NSO 13.07.01:08 (<1,1NMP/100 mL)
Pozo 1	≥ 1600 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 2	≥ 1600 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 3	≥ 1600 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 4	≥ 1600 NMP/ 100 mL	No Conforme
Segundo muestreo: Enero(época seca)		
Pozo 1	300NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 2	≥ 1600 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 3	900NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 4	300 NMP/ 100 mL	No Conforme



**Figura N°3.** Resultado de determinación de bacterias coliformes totales

En **Figura N°3** se grafican los resultados del análisis de bacterias coliformes totales para el agua de los pozos seleccionados del cantón Agua Zarca Caserío Centro, determinándose que no cumplen con los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01.08, encontrándose que el 100 % de las muestras analizadas se encuentra fuera de los límites permitidos por la norma, ya que el límite establecido por la misma es  $<1,1\text{NMP}/100\text{ mL}$ .

Los resultados indican que existe contaminación de las aguas subterráneas tanto en época lluviosa como en época seca, observándose una leve disminución en la época seca con respecto a la época lluviosa, debido a la infiltración de agentes contaminantes desde la superficie de los suelos, es importante mencionar que para el pozo N° 2 el parámetro coliformes totales se mantuvo igual en las dos épocas, por lo que el agua de los pozos en estudio se considera no apta para el consumo humano, ya que no cumple con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.



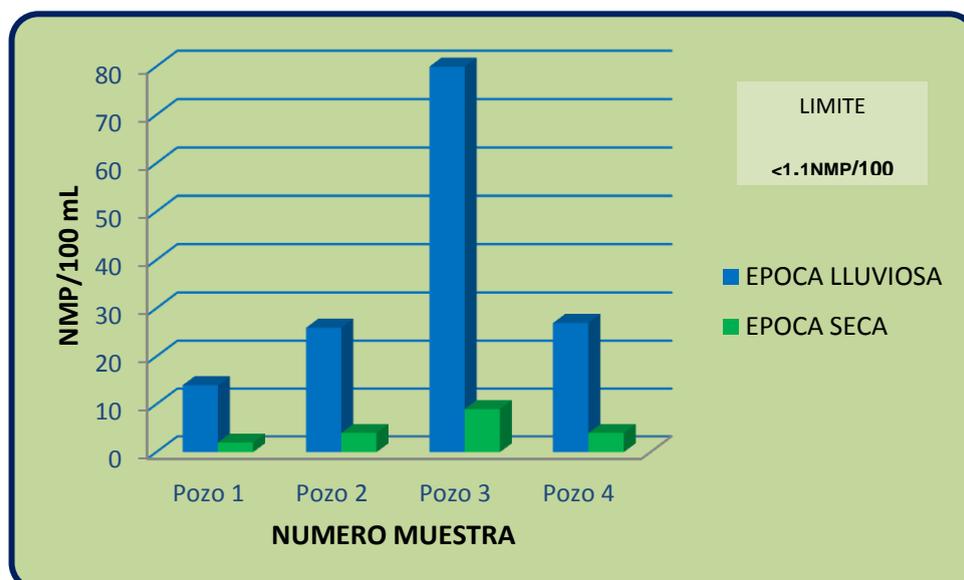
**Figura N°4:** Resultados de la determinación coliformes totales. El color azul indica la presencia de coliformes totales.

### 5.2.3 COLIFORMES FECALES

**Tabla N°4:** Resultado de determinación de bacterias coliformes fecales Caldo

EC

Nº de MX	VALOR OBTENIDO COLIFORMES FECALES	LIMITE MAXIMO SEGÚN LA NORMA NSO 13.07.01:08 (<1,1 NMP/100 mL)
Primer muestreo: Septiembre(época lluviosa)		
Pozo 1	14 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 2	26 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 3	80 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 4	27 NMP/ 100 mL	No Conforme
Segundo muestreo: Enero(época seca)		
Pozo 1	2 NMP/100 mL	No Conforme
Pozo 2	4 NMP/100 mL	No Conforme
Pozo 3	9 NMP/100 mL	No Conforme
Pozo 4	4 NMP/100 mL	No Conforme



**Figura N°5:** Resultado de determinación de bacterias coliformes fecales

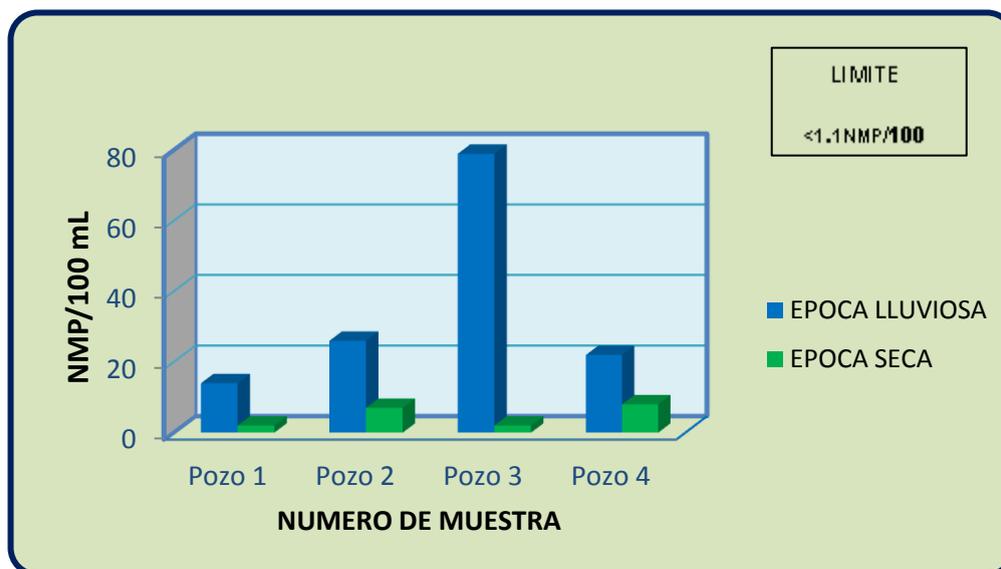
La **Figura N°5** muestra los resultados del análisis para coliformes fecales para el agua de los pozos seleccionados del Cantón Agua Zarca del Caserío Centro, siendo este grupo de bacterias indicadoras de la contaminación de origen fecal humano o animal, determinándose que no cumple con los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01.08, para las dos épocas, la contaminación por materia fecal es la que se encuentra en la superficie de los suelos la que es infiltrada por la lluvia, como también la cercanía de las letrinas y fosas sépticas, contaminando las aguas subterráneas que son las que abastecen los pozos en estudio.

Por lo que el consumo de agua de los pozos analizados es riesgoso para la salud, ya que se encuentra fuera de la especificación de Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01.08 que es  $<1,1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ .

### 5.6 *Escherichia coli*

**Tabla N°5.** Resultado de determinación de *Escherichia coli*

Nº de MX	VALOR OBTENIDO <i>Escherichia coli</i>	LIMITE MAXIMO SEGÚN LA NORMA NSO 13.07.01:08 ( $<1,1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ )
Primer muestreo: Septiembre(época lluviosa)		
Pozo 1	14NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 2	26NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 3	79 NMP/ 100 mL	No Conforme
Pozo 4	22 NMP/ 100 mL	No Conforme
Segundo muestreo: Enero(época seca)		
Pozo 1	2 NMP/100 mL	No Conforme
Pozo 2	7 NMP/100 mL	No Conforme
Pozo 3	2 NMP/100 mL	No Conforme
Pozo 4	8 NMP/100 mL	No Conforme



**Figura N°6:** Resultado de determinación de *Escherichia coli*.

La **Figura N°6** presenta los resultados de la determinación de *Escherichia coli* que fue positiva para ambas épocas del muestreo, con lo que se deduce que no cumple con la especificación de la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua NSO 13.07.01.08 que es  $<1,1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ , notándose una disminución entre la época lluviosa con respecto a la época seca, con lo que se puede decir que la contaminación por materia fecal de origen humano o animal es mayor en época lluviosa por la infiltración de la misma a través de los suelos.

El consumo del agua de los pozos representa un riesgo para la salud de las personas que la consumen, ya que puede provocar enfermedades gastrointestinales como diarrea y vómito especialmente en los niños.



**Figura N°7.** Resultado de la determinación de *Escherichia coli*

En la **Figura N°7** se muestran las pruebas presuntivas y confirmativas de la determinación de *Escherichia coli* como lo es la fluorescencia con luz ultravioleta y la formación del anillo indólico con el reactivo de kovacs.

**Tabla N°6:** Resultado de determinación de *Escherichia coli* en Agar EMB.

Primer muestreo: Septiembre(época lluviosa)		
Nº de MX	VALOR OBTENIDO <i>Escherichia coli</i>	LIMITE MAXIMO SEGÚN LA NORMA NSO 13.07.01:08
Pozo 1	Presencia	No Conforme
Pozo 2	Presencia	No Conforme
Pozo 3	Presencia	No Conforme
Pozo 4	Presencia	No Conforme
Segundo muestreo: Enero(época seca)		
Pozo 1	Presencia	No Conforme
Pozo 2	Presencia	No Conforme
Pozo 3	Presencia	No Conforme
Pozo 4	Presencia	No Conforme

En la **Tabla N°6** se muestran los resultados de la determinación de ***Escherichia coli*** en agar EMB, esta prueba es confirmativa de la presencia de la bacteria, debido a la coloración característica que es el verde metálico, con la variante que en la época seca se observó el crecimiento de otras bacterias como la ***klebsiella sp.***

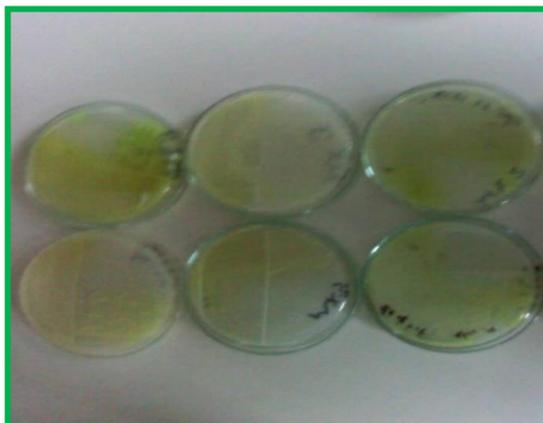
### 5.7 *Pseudomona aeruginosa*.

**Tabla N°7.** Resultado de determinación de ***Pseudomona aeruginosa***.

Primer muestreo: Septiembre(época lluviosa)		
Nº de MX	VALOR OBTENIDO <b><i>Pseudomona aeruginosa</i></b>	LIMITE MAXIMO SEGÚN LA NORMA NSO 13.07.01:08 (AUSENCIA)
Pozo 1	Presencia	No Conforme
Pozo 2	Presencia	No Conforme
Pozo 3	Presencia	No Conforme
Pozo 4	Presencia	No Conforme
Segundo muestreo: Enero(época seca)		
Pozo 1	Presencia	No Conforme
Pozo 2	Presencia	No Conforme
Pozo 3	Presencia	No Conforme
Pozo 4	Presencia	No Conforme

En el **Tabla N°7** presenta los resultados del agua de los pozos en estudio donde se determinó que no cumple con la especificación de la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01.08, para el parámetro de ***Pseudomona aeruginosa***, ya que debe ser ausencia, dando como resultado tanto para la época lluviosa como para la época seca, positiva la presencia en Agar Cetrimide donde se observó pigmentación verde y fluorescencia con luz ultravioleta, que es característico de este tipo de microorganismos.

Por lo que el agua no es apta para el consumo humano, ya que es un microorganismo que puede causar enfermedades en las mucosas de las personas que la consumen, indicando la falta de limpieza tanto en el pozo como en la cañería de las bombas con la que se extrae el agua.



**Figura N° 8:** Resultados de la determinación de *Pseudomonas aeruginosa*.

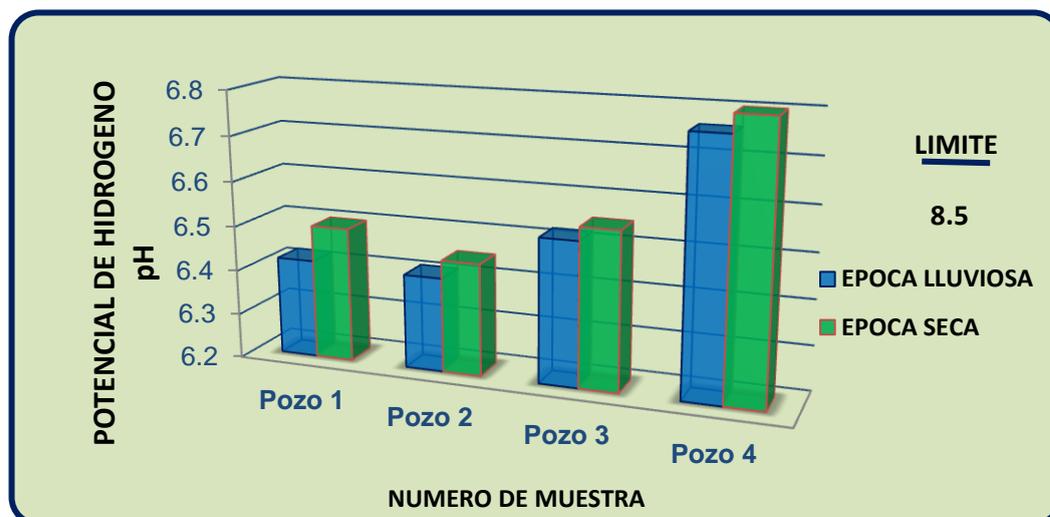
## 5.8 ANALISIS FISICO-QUIMICO

### 5.9 RESULTADO DE pH.

El pH máximo permisible del agua, según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable es de 8.5.

**Tabla N°8.** Resultado de determinación del parámetro potencial de hidrogeno pH

N° de MX	VALOR DE pH (época lluviosa)	VALOR DE pH (época seca)	Valor máximo según NSO 13.07.0 1.08 pH 8.5
Pozo 1	6.42	6.50	Conforme
Pozo 2	6.41	6.45	Conforme
Pozo 3	6.52	6.55	Conforme
Pozo 4	6.76	6.80	Conforme



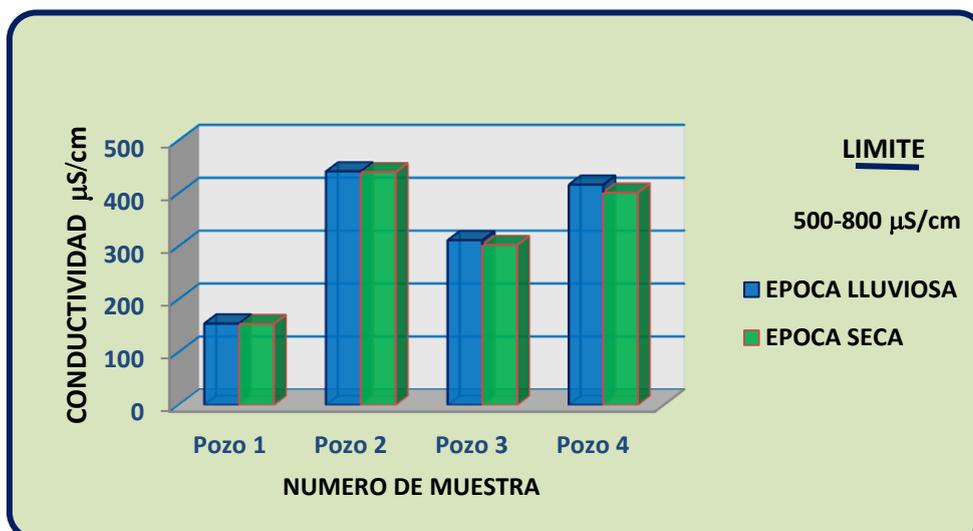
**Figura N° 9:** Resultado de determinación del parámetro potencial de de hidrógeno pH.

La **Figura N°9** muestra el resultado de la determinación del parámetro de potencial de hidrogeno, para las muestra de agua de los pozos seleccionados del cantón Agua Zarca, Caserío Centro, determinándose que cumple con la especificación de Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08 pH 8.5, todas las muestras se encuentran por debajo del limite por lo que el agua es apta para el consumo humano de acuerdo a este parámetro. (Ver anexo N° 11)

## 5.10 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

**Tabla N°9.** Resultado del parámetro conductividad eléctrica

N° de MX	VALOR DE CONDUCTIVIDAD (época lluviosa)	VALOR DE CONDUCTIVIDAD (época seca)	Valor máximo según OMS 13.07.01.08 500-800 $\mu$ S/cm
Pozo 1	154.15	153.25	Conforme
Pozo 2	441.5	440.15	Conforme
Pozo 3	311.5	302.5	Conforme
Pozo 4	416.5	401.5	Conforme



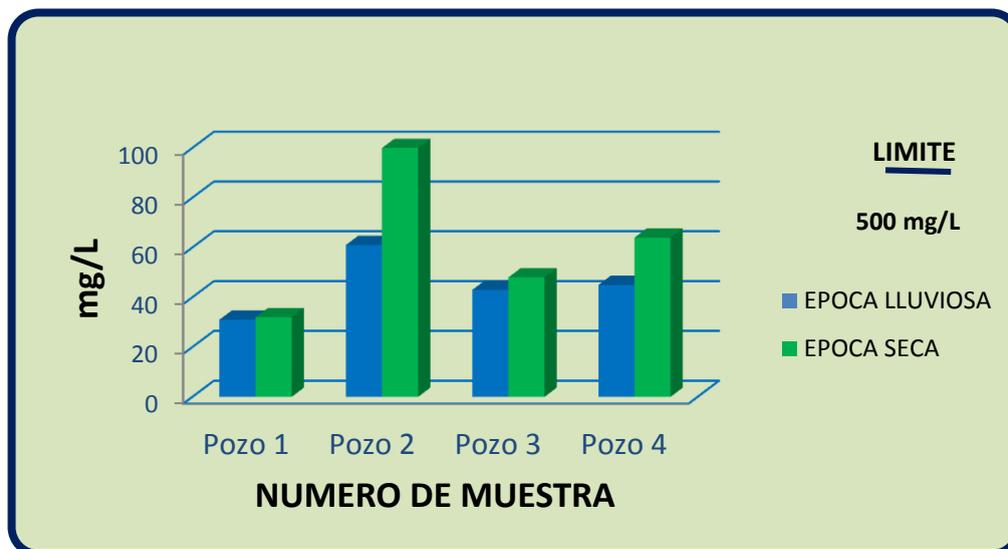
**Figura N°10.** Resultado de determinación del parámetro conductividad eléctrica.

La **Figura N°10** muestra los resultados de la determinación del parámetro de la conductividad eléctrica, encontrando que todos los pozos se encuentran dentro del rango establecido por la OMS (Guía de Calidad de Agua Potable) que es de 500-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , por lo que indica una baja de cantidad de sales que se encuentran en forma de iones, siendo el agua apta para su consumo de acuerdo a este criterio. Además este parámetro mide la pureza del agua con respecto a la cantidad de sales minerales que se encuentran en forma de iones libres que son los que pueden conducir la energía eléctrica. (ver anexo N° 11)

### 5.11 DUREZA

**Tabla N° 10.** Resultado de determinación del parámetro dureza

N° de MX	VALOR DE DUREZA (época lluviosa)	VALOR DE DUREZA (época seca)	Valor máximo según NSO 13.07.01.08 500 mg/L
Pozo 1	31mg/L	32mg/L	Conforme
Pozo 2	61 mg/L	100mg/L	Conforme
Pozo 3	43 mg/L	48mg/L	Conforme
Pozo 4	45 mg/L	64mg/L	Conforme



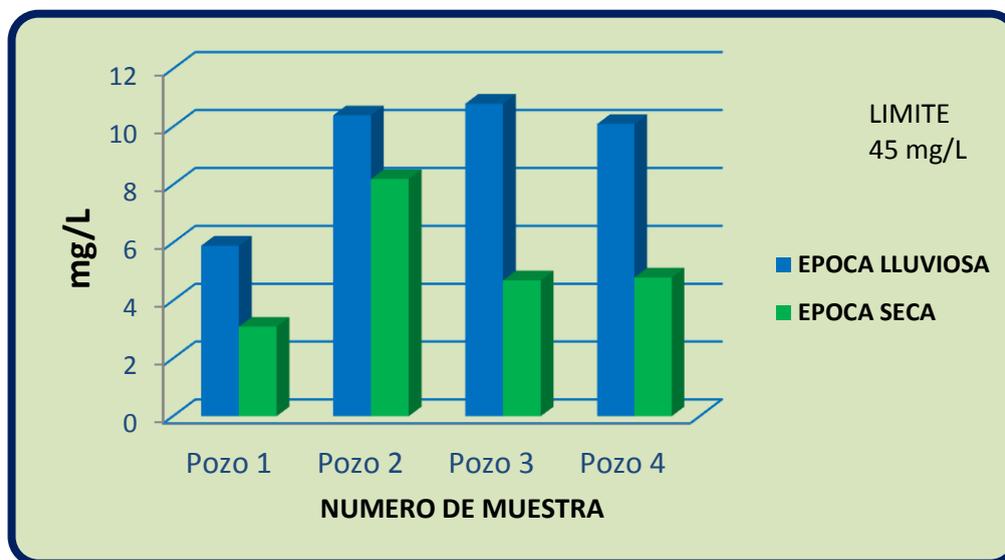
**Figura N°11.** Resultados de determinación del parámetro dureza.

La **Figura N°11** muestra los resultados de la determinación del parámetro de dureza total, con lo cual se determinó que los 4 pozos cumplen con la especificación de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08, tanto para época lluviosa como para época lluviosa, debido a que el límite es 500 mg/L. Observándose un aumento en los valores obtenidos en la época seca en el pozo seleccionado 2, debido al tipo de suelo en que este se encuentra ya es de tipo tepetate, también a que en esta época los pozos son únicamente abastecidos por el agua subterránea no así en la época lluviosa donde hay infiltración en la superficie de las aguas lluvias. (ver anexo 11)

## 5.12 NITRATOS

**Tabla N° 11.** Resultado de determinación del parámetro nitratos.

Nº de MX	VALOR DE NITRATOS (época lluviosa)	VALOR DE NITRATOS (época seca)	Valor máximo según NSO 13.07.01.08 45 mg/L
Pozo 1	5.9 mg/L	3.10 mg/L	Conforme
Pozo 2	10.4 mg/L	8.20 mg/L	Conforme
Pozo 3	10.8 mg/L	4.70 mg/L	Conforme
Pozo 4	10.1 mg/L	4.80 mg/L	Conforme



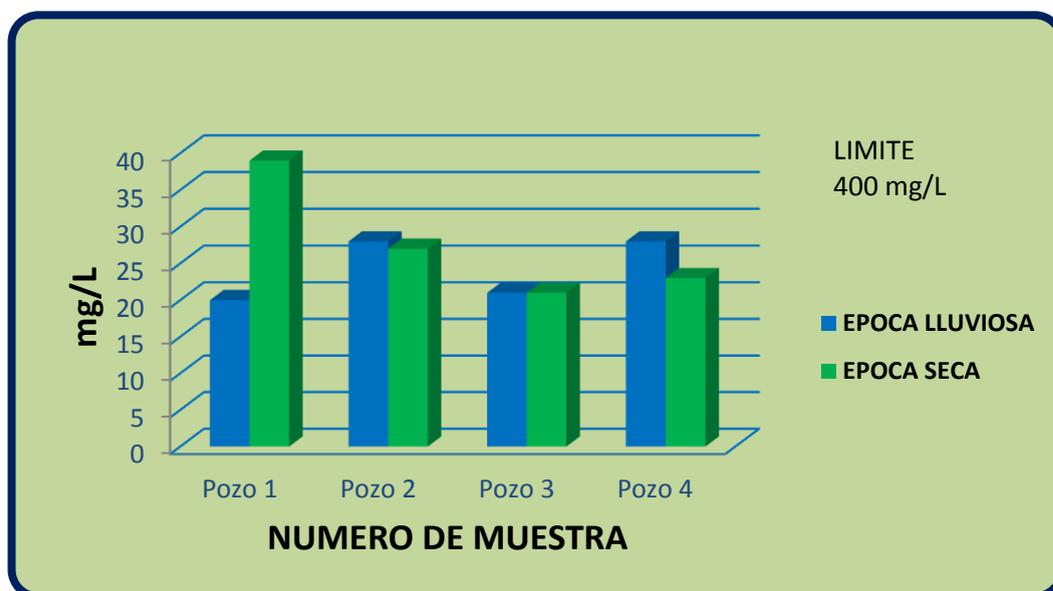
**Figura N° 12.** Resultado de determinación del parámetro nitratos.

El agua de los pozos del cantón Agua Zarca, Caserío Centro se encuentran dentro del límite permisible por la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08. En la **Figura N°12** se muestran los resultados de la determinación de dicho parámetro para ambas épocas, es importante mencionar que el agua es apta para su consumo humano ya que todas las muestras están bajo el límite de 45 mg/L, pero los datos obtenidos muestran que existen fuentes de contaminación por nitratos que pueden ser material de origen orgánico en descomposición, así como por fertilizantes que concuerda con la zona ya que es agrícola, por lo que es necesario el monitoreo frecuente de este parámetro debido a que en altas concentraciones puede afectar la salud humana especialmente en los niños ya que en concentraciones elevadas produce Metahemoglobinemia o comúnmente conocida como la enfermedad del bebé azul.<sup>(11)</sup> (ver anexo N° 11)

### 5.13 SULFATOS

**Tabla N° 12.** Resultado de determinación del parámetro sulfatos.

N° de MX	VALOR DE SULFATOS (época lluviosa)	VALOR DE SULFATOS (época seca)	Valor máximo según NSO 13.07.01.08 400 mg/L
Pozo 1	20.0 mg/L	39.0 mg/L	Conforme
Pozo 2	28.0 mg/L	27.0 mg/L	Conforme
Pozo 3	21.0 mg/L	21.0 mg/L	Conforme
Pozo 4	28.0 mg/L	23.0 mg/L	Conforme



**Figura N° 13.** Resultados de determinación del parámetro Sulfatos.

En la **Figura N°13** se muestran los resultados de la determinación del parámetro sulfatos con lo que se puede determinar que todas las muestras analizadas están dentro del rango permitido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO13.07.01.08 que es de 400 mg/L, ya que la mayor concentración de sulfatos determinada fue de 39 mg/L para el pozo 1 en la época seca, debido a que los residuos de detergentes que se encuentran cerca de los pozos se infiltran fácilmente ya que no existen corrientes de aguas que puedan arrastrarlos como en la época lluviosa, sin

embargo el agua es apta para el consumo humano con respecto a este parámetro.

El riesgo de este parámetro en la salud humana es un efecto laxante en concentraciones fuera del rango de la normativa Salvadoreña, concentración que puede aumentar por la mala deposición de las aguas con contenido de detergentes. (ver anexo N° 11)

El agua de los 4 pozos seleccionados cumple con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO13.07.01.08 para los parámetros fisicoquímicos estudiados en la época seca como en la lluviosa, por lo que fisicoquímicamente el agua es apta para el consumo humano, lo que se ve reflejado en el cuadro resumen de los resultados fisicoquímicos (ver tabla N° 13). Pero los parámetros microbiológicos estudiados no cumplen con las especificaciones de Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO13.07.01.08, tanto en la época seca como en la lluviosa, habiendo una excepción únicamente para el pozo N° 2 que si cumple con el parámetro bacterias mesofilas aerobias en la época seca, pero no los de mas parámetros estudiados (ver tabla N° 14)

Por lo que el agua de los 4 pozos seleccionados no es apta para el consumo humano debido a que no cumple con los parámetros microbiológicos estudiados según los límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO13.07.01.08.

### 5.14 RESUMEN DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO

**TABLA Nº 13 RESUMEN DE RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLÓGICO**

PARAMETROS Y LÍMITES PERMISIBLES SEGÚN NSO 13.07.01.08	NUMERO DE MUESTRA				
	Época	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4
<b>BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS:</b> LÍMITE 100 UFC/mL	Lluviosa	1140 UFC/ mL	1620 UFC/ mL	1270 UFC/ mL	1120 UFC/ mL
	Seca	550 UFC/ mL	50 UFC/ mL	120 UFC/ mL	140 UFC/ mL
<b>COLIFORMES TOTALES:</b> LÍMITE <1.1 NMP/mL	Lluviosa	≥ 1600 NMP/ 100 mL			
	Seca	300NMP/ 100 mL	≥ 1600 NMP/ 100 mL	900NMP/ 100 mL	300 NMP/ 100 mL
<b>COLIFORMES FECALES:</b> LÍMITE <1.1 NMP/mL	Lluviosa	14 NMP/ 100 mL	26 NMP/ 100 mL	80 NMP/ 100 mL	27 NMP/ 100 mL
	Seca	2 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	9 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL
<b><i>Escherichia coli:</i></b> LÍMITE <1.1 NMP/mL	Lluviosa	14 NMP/ 100 mL	26 NMP/ 100 mL	80 NMP/ 100 mL	27 NMP/ 100 mL
	Seca	2 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	8 NMP/100 mL
<b><i>Pseudomona aeruginosa:</i></b> LÍMITE AUSENCIA	Lluviosa	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Seca	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
<b>RESULTADO</b>		<b>NO CONFORME</b>	<b>NO CONFORME</b>	<b>NO CONFORME</b>	<b>NO CONFORME</b>

### 5.15 RESUMEN DE RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICO

**TABLA N° 14 RESUMEN DE RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICO**

PARAMETROS Y LIMITES PERMISIBLES SEGÚN NSO 13.07.01.08	NUMERO DE MUESTRA				
	Época	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4
POTENCIAL DE HIDROGENO pH  LIMITE 8.5	Lluviosa	6.42	6.41	6.52	6.76
	Seca	6.5	6.45	6.55	6.8
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA :  LIMITE 500-800 μS/CM	Lluviosa	154.15μS/cm	441.5μS/cm	311.5μS/cm	416.5μS/cm
	Seca	153.25μS/cm	440.15μS/cm	302.5μS/cm	401.5μS/cm
DUREZA TOTAL:  LIMITE 500 MG/L	Lluviosa	31mg/L	61 mg/L	43 mg/L	45 mg/L
	Seca	32mg/L	100mg/L	48mg/L	64mg/L
NITRATOS  LIMITE 45 mg/L	Lluviosa	5.9 mg/L	10.4 mg/L	10.8 mg/L	10.1 mg/L
	Seca	3.10 mg/L	8.20 mg/L	4.70 mg/L	4.80 mg/L
SULFATOS  LIMITE 400 mg/L	Lluviosa	20.0 mg/L	28.0 mg/L	21.0 mg/L	28.0 mg/L
	Seca	39.0mg/L	27.0 mg/L	21.0 mg/L	23.0 mg/L
<b>RESULTADO</b>		<b>CONFORME</b>	<b>CONFORME</b>	<b>CONFORME</b>	<b>CONFORME</b>

### 5.16 CHARLA EDUCATIVA

Se impartió una charla educativa en la casa comunal del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro, Municipio de Ilobasco sobre las condiciones higiénico-sanitarias que se deben mantener en los pozos, los resultados de la investigación tanto fisicoquímico como microbiológico, así mismo algunos métodos caseros de desinfección del agua que permitan la prevención de enfermedades gastrointestinales, se le brindó un tríptico en el que se plasmaron recomendaciones para mejorar la calidad del agua (Ver anexo N° 12).

#### **Contenidos tratados en la charla:**

-Definir los diferentes microorganismos que se han estudiado en dicho análisis de acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

Se dieron las definiciones de cada uno de los microorganismos en estudio como lo es mesófilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia coli*** y patógenos ***Pseudomona aeruginosa***, así como también las condiciones en las que crecen mejor.

-Explicación de los efectos a la salud cuando los límites fisicoquímicos y microbiológicos no cumplen con la Normativa Salvadoreña para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

Se explicó los efectos de cada uno de los microorganismos en estudio en la salud, cuando la cantidad de los mismos sobrepasa los límites máximos permisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

- Presentación de resultados del diagnóstico de las condiciones higiénico-sanitarias.

Se les presentó a los asistentes a la charla informativa los resultados obtenidos a través de la guía de inspección, donde se les manifestó que se

deben mejorar las condiciones higiénicas sanitarias de los alrededores de pozos como el interior de los mismos.

- Resultados de los análisis microbiológicos y físico-químicos realizados.

Se les presento a los asistentes a la charla informativa los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros estudiados tanto microbiológicos como fisicoquímicos, donde se les explico que el agua de los pozos seleccionados no cumple con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

- Recomendaciones para el mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias en los pozos. (9)(26)(27) (Ver anexo N° 12)

Se les brindaron recomendaciones prácticas a los asistentes a la charla informativa, de cómo mejorar las condiciones higiénicas sanitarias de los pozos, así mismo se les hablo de los métodos caseros de desinfección del agua, ebullición del agua, cloración (uso de puriagua), uso de filtro que puede ser comercial o artesanal, además se les entrego un tríptico donde se plasmaron las recomendaciones.

## **5.17 ENTREGA DE RESULTADOS**

Los resultados obtenidos de los análisis del agua de los pozos del cantón Aguazarca caserío centro, se entregaron al equipo comunitario en salud familiar (ECOSF) y a la Alcaldía Municipal de Ilobasco, con el objetivo que les permita realizar acciones preventivas con respecto al problema, la contaminación a nivel microbiológico de las aguas subterráneas. (Ver anexos N° 13, 14 y 15)

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

## 6.0 CONCLUSIONES.

1. Los pozos seleccionados no cumplen con las condiciones higiénicos - sanitarias de acuerdo a la Norma Salvadoreña para Agua Potable NSO 13.07.01.08.
2. La contaminación del agua de los pozos por coliformes totales, fecales, *Escherichia coli* y bacterias mesofilas aerobias es mayor en época lluviosa que en época seca. Mientras que, la contaminación por *Pseudomona aeruginosa* se mantiene casi constante en época lluviosa como en época seca.
3. La contaminación por coliformes fecales y *Escherichia coli* en los 4 pozos seleccionados al azar, puede deberse a la presencia de animales domésticos, así como también a la mala ubicación de las letrinas y fosas sépticas, debido a que los desechos de los mismos son arrastrados por la lluvia y infiltrados contaminando las aguas subterráneas que son las que abastecen los pozos.
4. El agua de los pozos del cantón Agua Zarca, Caserío Centro cumplen con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08, para los parámetros de dureza total, nitratos y sulfatos, conductividad y pH notándose un leve aumento para todos los pozos estudiados del parámetro de dureza total en la época seca, por lo que la cantidad de sales de calcio y magnesio son mayores.
5. El agua de los 4 pozos seleccionados al azar cumple con los parámetros fisicoquímicos estudiados, pero no cumple con los parámetros microbiológicos según la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08, por lo que el agua de los pozos seleccionados no es apta para el consumo humano. El riesgo a la salud por el consumo del agua de los pozos es mayor durante la

época lluviosa, debido a que la lluvia arrastra e infiltra los diferentes contaminantes que se encuentran en la superficie del suelo y sus diferentes capas llegando hasta el agua subterránea que es la que abastece los pozos .

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES.

1. Que el equipo comunitario en salud familiar (ECOSF) realice campañas de verificación de las condiciones higiénico-sanitarias de los pozos de la comunidad para disminuir la contaminación de éstos.
2. Que las actividades ganaderas se realicen a una distancia lejana de los pozos para evitar la contaminación fecal de origen animal así como también que las letrinas y fosas sépticas se encuentren por lo menos a 25 metros de distancia y en la parte más baja del terreno con respecto al pozo.
3. Que el agua para consumo humano obtenida de los pozos seleccionados se le dé tratamiento con métodos prácticos de desinfección tales como puriagua, ebullición (agua hervida), filtración del agua.
4. Que las autoridades competentes como el equipo comunitario en salud familiar (ECOSF) y Alcaldía Municipal, lleven a cabo programas de monitoreo por lo menos dos veces al año tanto microbiológicos y fisicoquímicos del agua de los pozos seleccionados y no seleccionados para consumo humano, para que estos cumplan con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.
5. Que los habitantes de la comunidad en conjunto con la Alcaldía Municipal gestionen proyectos de donaciones de filtros para la purificación del agua, a través de una organización no gubernamental (ONG), o por medio de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

6. Que la Alcaldía Municipal en conjunto con las ADESCOS del Cantón promuevan, campañas de recolección, manejo adecuado y disposición final de la basura, así como el desecho de aguas de lavado, para que sean depositadas con responsabilidad en un lugar donde no afecten la calidad de agua de consumo, debido a que es uno de los factores de contaminación del agua subterránea

## **BIBLIOGRAFIA**

## 8.0 BIBLIOGRAFIA

1. Alcaldía Municipal de Ilobasco [sede web]. Ilobasco [acceso 30 de mayo de 2013] Información general, Ubicación geográfica cantón Aguazarca. Disponible [www.alcaldiaIlobasco.gob.sv/infogeneral.php](http://www.alcaldiaIlobasco.gob.sv/infogeneral.php).
2. APHA (American Public Health Association), METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES 17a ed, ediciones Díaz de santos, S.A. México 1992, paginas.
3. Bonilla, G. Estadística II Métodos prácticos de inferencia estadística. San Salvador, El Salvador, 3a Edición, UCA Editores. 1995. Pag 11-15
4. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, ES). 2008. Norma Salvadoreña Agua. Agua potable. (Segunda actualización). NSO 13.07.01:08 San Salvador.
5. Godoy G.A. Manual de Microbiología General y Médica. 1ra ed. San Salvador: Departamento de Microbiología Facultad de Medicina, Universidad de El Salvador. Editorial Universitaria; 1971.
6. González Mejía, M; Merino Murcia, I. Verificación de parámetros de desempeño analítico en dos equipos de conductividad eléctrica del laboratorio de análisis fisicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. Trabajo de Graduación Lic. En Química y Farmacia Universidad de El Salvador.

7. Jawetz, E. Melnick J., Adelberg E. Microbiología Médica. Mé 15a Edición. Editorial EL Manual Moderno S.A de C.V. 1995. Pag 249-263, 265-268.
8. López Hernández B. 2012. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de agua de pozos del Barrio San Sebastián, Municipio de Jocoro, Departamento de Morazán.
9. Ministerio de salud de El Salvador, desinfección de agua fruta y verduras [sede Web] El salvador [acceso 15 febrero del 2014] Disponible en [www.salud.gob.sv/archivos/pdf/promoción\\_salud/material\\_educativo/componente\\_agua\\_saneamiento/afiches/pdf/afiches\\_agua\\_saneamiento OPS.pdf](http://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/promoción_salud/material_educativo/componente_agua_saneamiento/afiches/pdf/afiches_agua_saneamiento OPS.pdf).
10. NIH: Instituto Nacional de Alergias y Enfermedades Infecciosas. Infecciones por Escherichia coli [sede Web]. Estados Unidos: Medline Plus Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU; 2012 [actualizado 14 de marzo de 2003; acceso 09 de enero de 2013]. Disponible en: [www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ecoliinfections.html](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ecoliinfections.html).
11. OPS (Organización Panamericana de la Salud). Guías para la calidad del agua potable. Criterios relativos a la salud y otra información base. 1987. Volumen 2 Pág. 65-68, 103-107, 109-113, 115-122, 134-140
12. Rodríguez S.A. La dureza del agua Universidad Tecnológica Nacional. [sede Web] 2010. [acceso 15 de octubre de 2013] Disponible en: [www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza\\_agua.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf)
13. Romero R.A. El Agua. Calidad y contaminación (1/2). Parámetros químicos de calidad de las aguas nitritos y nitratos [sede Web]. 2011[acceso 03 de mayo de 2013]. Disponible en:

[www.emagister.com/curso-agua-calidadcontaminacion12/para-quimicos-calidad-aguas-nitritos-nitratos-fosfatos](http://www.emagister.com/curso-agua-calidadcontaminacion12/para-quimicos-calidad-aguas-nitritos-nitratos-fosfatos).

14. Romero R.A. El Agua. Calidad y contaminación (1/2). Parámetros químicos de calidad de las aguas cloruros y sulfatos [sede Web]. 2011 [acceso 03 de mayo de 2013]. Disponible en: [www.emagister.com/curso-agua-calidadcontaminacion12/parametros-quimicos-calidad-aguas-cloruros-sulfatos](http://www.emagister.com/curso-agua-calidadcontaminacion12/parametros-quimicos-calidad-aguas-cloruros-sulfatos).
15. Ulric P. Gibson, Hons B. Sc, Manual de los Pozos Pequeños Centro Regional de ayuda Técnica Para el Desarrollo Internacional (AID), México /Buenos Aires; 1969. Pág. 1-4, 11-14, 26-30, 159-163
16. United States Pharmacopeial Convection Inc. The United States Pharmacopeia Thirty-four revision USP 32. The National Formulary. Twenty-nine Edition. NF 29. January 2011.
17. Universidad de El Salvador, Síndrome diarreico agudo infantil por rotavirus en El Salvador, La Universidad Órgano científico-sociocultural de la Universidad de El Salvador. Revista en línea 2009, Consultado 09.01.2013, volumen 7, páginas 226. [www.ues.edu.sv/content/revista-la-universidad-07](http://www.ues.edu.sv/content/revista-la-universidad-07).
18. [www.200.77.231.100/work/normas/nmx/2005/proy-nmx-aa-042-scfi-2005.pdf](http://www.200.77.231.100/work/normas/nmx/2005/proy-nmx-aa-042-scfi-2005.pdf) [acceso 20 septiembre 2013] Calidad del agua. Determinación del numero mas probable NMP coliformes totales, coliformes fecales y ***Escherichia coli***
19. [www.bvsde.paho.org/cdgwq/docs\\_microbiologicos/Bacterias%20PDF/Pseudomonas.pdf](http://www.bvsde.paho.org/cdgwq/docs_microbiologicos/Bacterias%20PDF/Pseudomonas.pdf). [acceso 9 de enero del 2013] Determinación de Pseudomona aeruginosa, bacterias patógenas.

20. [www.bvsde.paho.org/cdgwq/docs\\_microbiologicos/indicadores/20PDF/bacterias%20coliformes.pdf](http://www.bvsde.paho.org/cdgwq/docs_microbiologicos/indicadores/20PDF/bacterias%20coliformes.pdf) [acceso 9 de enero del 2013] Determinación de coliformes totales. Microorganismos indicadores
21. [WWW.conceptode.co/concepto-de-agua-quimica/](http://WWW.conceptode.co/concepto-de-agua-quimica/). [acceso 04 de enero de 2013] ConceptoDe.co. Concepto de Agua (Química).
22. [www.depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP\\_6529.pdf](http://www.depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf) [acceso 10 de enero de 2013]. Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli* por la técnica de dilución en tubo múltiple (Número más Probable o NMP).
23. [www.es.scribd.com/doc/27308101/analisis-demicrooorganismos-aerobios-mesofilos](http://www.es.scribd.com/doc/27308101/analisis-demicrooorganismos-aerobios-mesofilos). [acceso 27 de abril de 2013]. Análisis de Microorganismos Aerobios Mesófilos.
24. [www.pozosdeagua.es/2.html](http://www.pozosdeagua.es/2.html) [acceso 09 de mayo de 2013]. Pozos de agua y sondeos para captaciones de aguas subterráneas, perforaciones en general, geotermia, equipos de bombeo, reparaciones y mantenimientos (todo en aguas subterráneas) trabajos a nivel nacional español (península y archipiélagos).
25. [www.unitek.com.ar/productososmosisinversa.php?id\\_lib\\_tecnia=6](http://www.unitek.com.ar/productososmosisinversa.php?id_lib_tecnia=6). [acceso 4 de enero del 2013]. Osmosis inversa- Determinación de parámetros fisicoquímicos.
26. [www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/vigilancia/art0404.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/vigilancia/art0404.pdf) [acceso 15 febrero del 2014] La desinfección y el almacenamiento domiciliario del agua: intervención fundamental en la salud pública. Habana Cuba 1997.

27. [www.watersystemscouncil.org/VAiwebDocs/La%20Desinfeccion%20de%20su%20pozo%2010-09.pdf](http://www.watersystemscouncil.org/VAiwebDocs/La%20Desinfeccion%20de%20su%20pozo%2010-09.pdf). [acceso 15 febrero del 2014] La desinfección de su pozo.

## GLOSARIO <sup>(1)</sup> (3, 10, 5)

- **Anaerobio:** Que tiene la capacidad de vivir o metabolizar en ausencia de oxígeno
- **Bacterias mesófilas aerobias:** son bacterias que viven en presencia de oxígeno libre a temperaturas entre 15 °C y 45 °C
- **Colonias:** grupos discretos de microorganismos sobre una superficie, en oposición al crecimiento disperso en un medio de cultivo líquido
- **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
- **ECOSF:** Equipos comunitarios de salud familiar
- **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
- **Límite Máximo Permisible:** es la concentración del parámetro por encima del cual el agua no es potable.
- **NMP:** Numero mas probable, da un valor estimado de la densidad
- **Parámetro:** característica que se somete a medición
- **UFC:** Unidades formadoras de colonias.

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1

### Guía de Observación de las Condiciones higiénico-sanitarias de los pozos.



Universidad de El Salvador  
Facultad de Química y Farmacia



Guía de Observación de las Condiciones higiénico-sanitarias de los pozos.

Cantón Aguazarca, Caserío Centro

Fecha de observación. \_\_\_\_\_

Ubicación \_\_\_\_\_

Numero de personas que se abastecen del pozo \_\_\_\_\_

1. ¿Se encuentra tapado el pozo? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
2. ¿Cual es el material de la tapadera del pozo? \_\_\_\_\_
3. ¿Se encuentran animales domésticos cerca del pozo? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
4. ¿A que distancia se encuentra la letrina o fosa séptica? \_\_\_\_\_
5. ¿Existen botaderos de basura cerca del pozo? \_\_\_\_\_ a que distancia  
\_\_\_\_\_
6. ¿Cuántos metros tiene de profundidad el pozo? \_\_\_\_\_
7. ¿Cada cuanto tiempo se realiza la limpieza del pozo? \_\_\_\_\_
8. ¿Tiene bomba el pozo? \_\_\_\_\_
9. ¿Hay cerca del pozo pantanos o charcos? \_\_\_\_\_
10. ¿Qué actividades se realizan cerca del pozo agrícola, ganadera  
etc? \_\_\_\_\_

## ANEXO N°2

### Modelo de etiqueta para rotulación de frascos en la toma de muestra

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA	
Etiqueta de muestreo	
Número de pozo: _____	Tipo de análisis: _____
_____	
Fecha: _____	Hora: _____
Lugar de recolección: _____	
Realizado por: _____	

### ANEXO N° 3

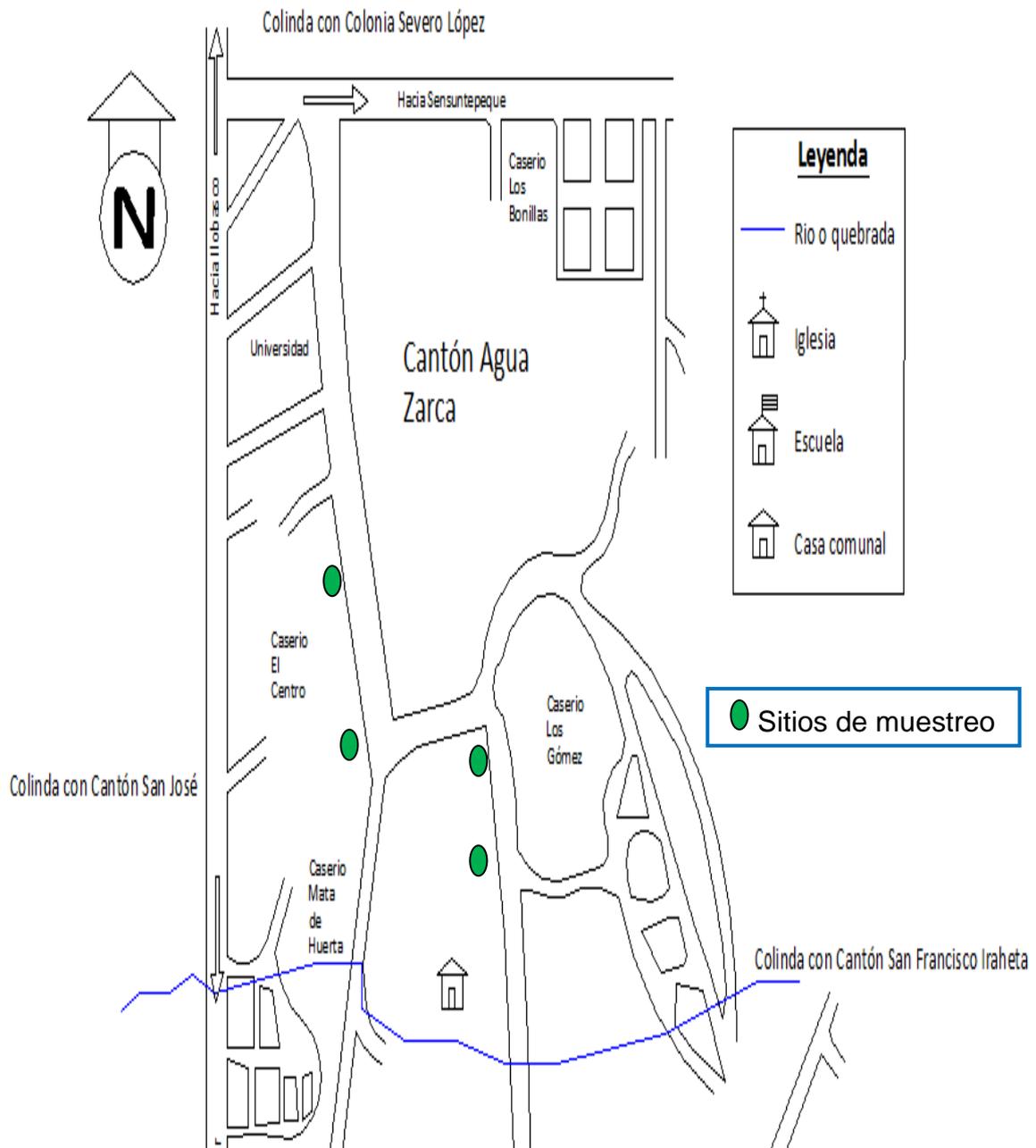


Figura N° 14. Mapa del Cantón Agua Zarca con los puntos de muestreo.

#### ANEXO N° 4

**Cuadro N°2.** Causas de consulta externa en el primer trimestre del año 2013 en la Unidad de salud de Ilobasco, Cabañas.

CAUSAS DE CONSULTA EXTERNA
<ul style="list-style-type: none"><li>- Diarreas de presunto origen infeccioso</li><li>- Infecciones respiratorias agudas</li><li>- Enfermedades de la piel</li><li>- Micosis</li><li>- Enfermedades del sistema urinario</li><li>- Migraña y otros síndromes de cefalea</li><li>- Dorsopatías y lumbopatias</li><li>- Helmintiasis</li><li>- Conjuntivitis y trastornos de la conjuntiva</li></ul>

En el **Cuadro N°2** se presentan las causas de consulta externa que reporta la Unidad de Salud de Ilobasco obtenida en la investigación bibliográfica, donde se encuentra como principal la diarrea de presunto origen infeccioso, lo que coincidió con los resultados obtenidos en los análisis realizados a los pozos seleccionados en el Cantón Agua Zarca, Caserío Centro ya que microbiológicamente el agua de los pozos seleccionados no es apta para el consumo humano.

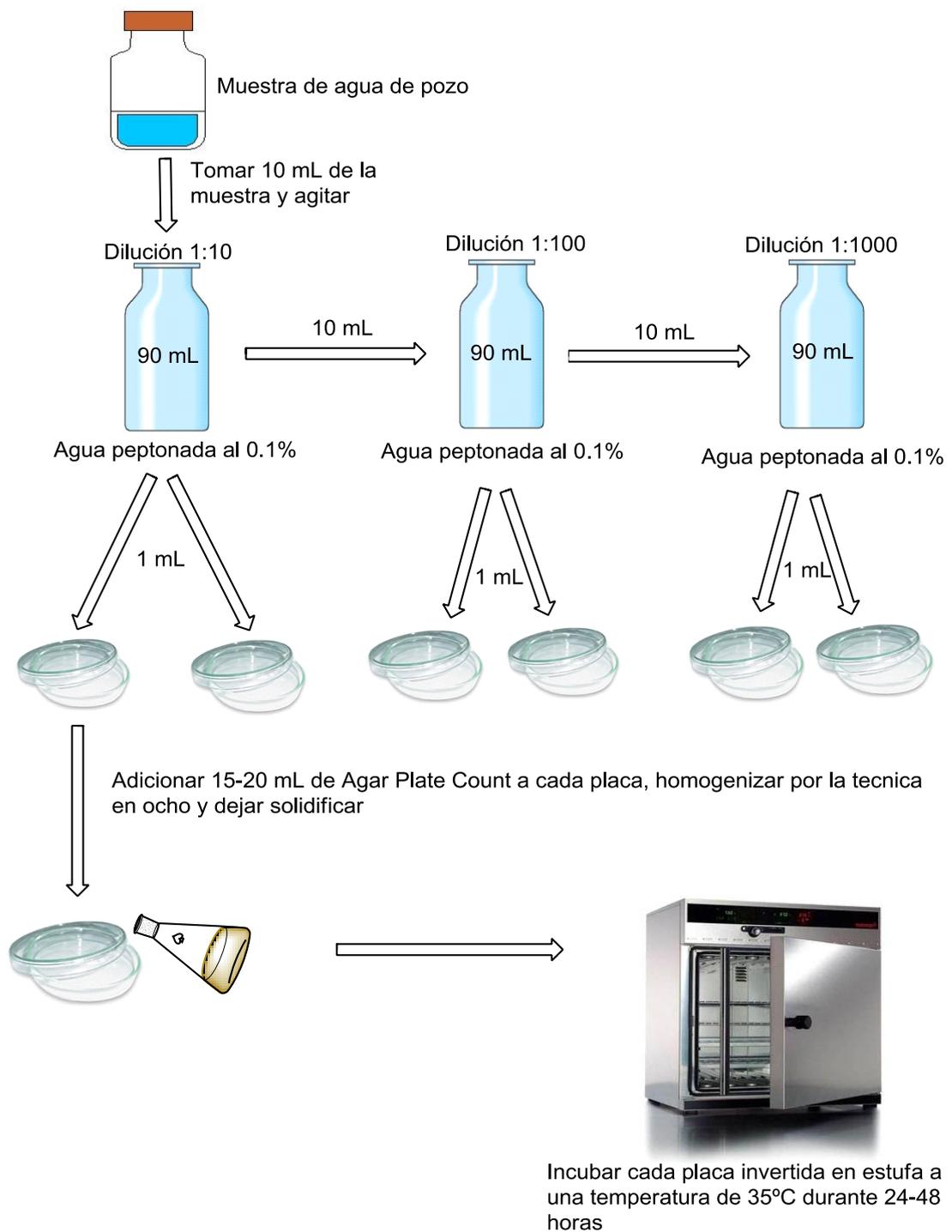
**ANEXO N°5**

**ESQUEMAS DE DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS:**

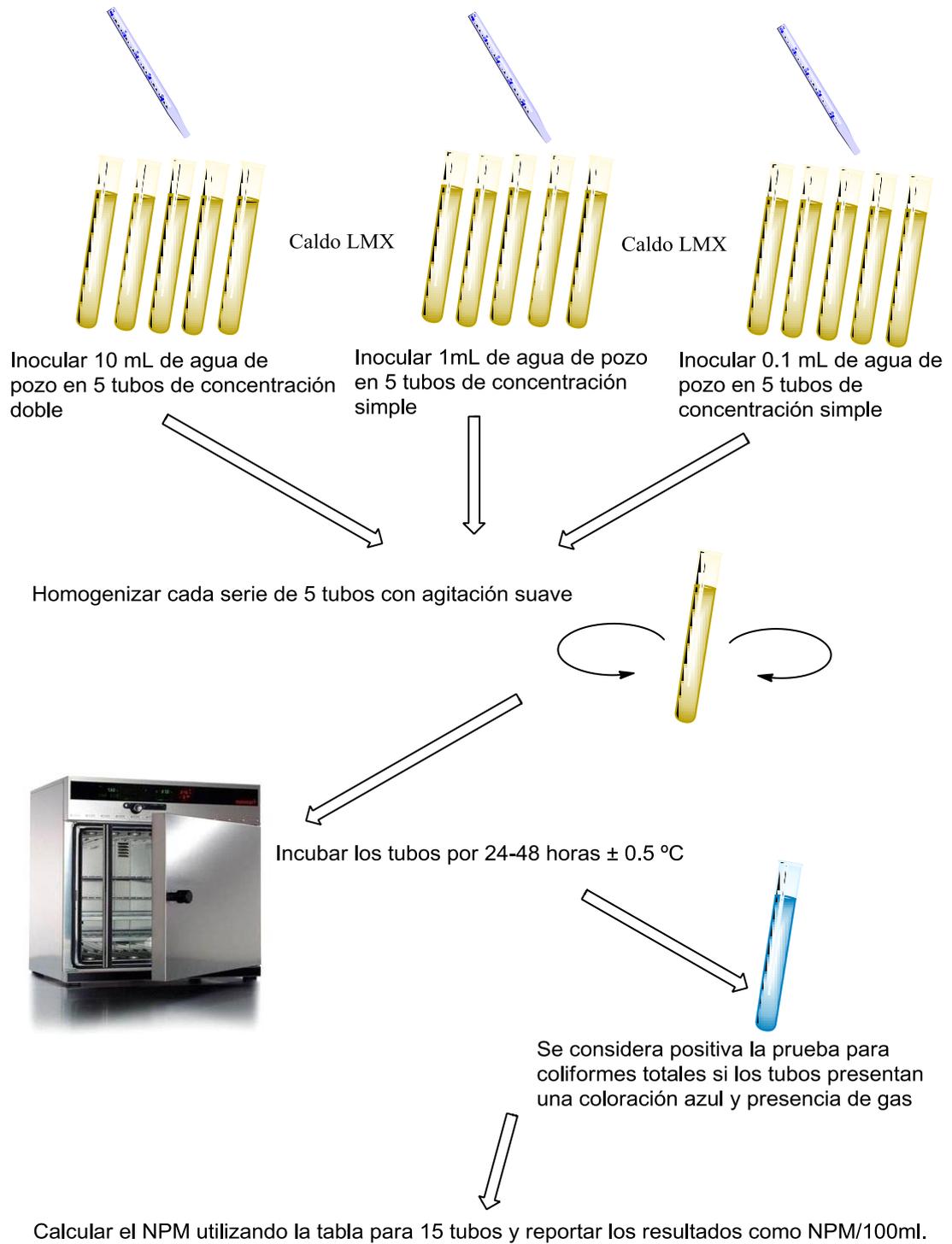
DETERMINACION DE BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS.

COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES, ***ESCHERICHIA***

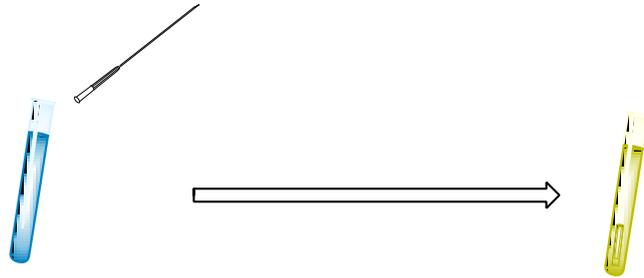
***COLI Y PSEUDOMONA AERUGINOSA***



**Figura N° 15. Recuento en placa de bacterias mesófilas aerobias.**



**Figura N°16. Determinación de coliformes totales (1)**



De los tubos positivos en la prueba de coliformes totales pasar de 2 a 3 asadas a tubos que contengan 10 mL de caldo EC y campana de Durham

Incubar a 45 °C x 24-48 horas en baño maría



Se considera positiva la prueba para coliformes fecales si los tubos presentan turbidez y presencia de gas.

Calcular el NPM utilizando las tablas y reportar como NPM/100 ml.

**Figura N°17. Determinación de coliformes fecales. (1)**



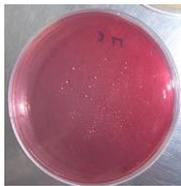
Los tubos que resultaron positivos en la determinación de coliformes totales, caldo LMX, observarlos con luz ultravioleta a 366 nm.



Se considera la presencia de *Escherichia coli* como positiva fluorescencia brillante.



Para confirmar la presencia de *Escherichia coli* agregar 3-5 gotas de reactivo de Kovacs, se considera positivo si se forma en la superficie un anillo de color rojo.



Por el método de estrías antes de agregar el reactivo de Kovacs, tomar una asada y estriar en placas de petri que contengan agar EMB.

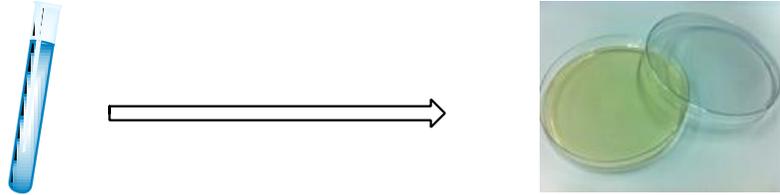


Se considera positivo la presencia de colonias verdes brillantes metálicas.



Incubar a 35 °c 2 °c x 24 horas.

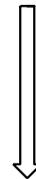
**Figura N°18.** Determinación de *Escherichia coli*. (1)



De los tubos positivos de la prueba de coliformes totales, tomar una asada y por el método de estrías, inocular en cajas de petri con Agar Cetrimide.



Incubar las placas a 35°C x 24 horas.



Se considera positiva la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* si después del periodo de incubación se encuentran colonias verdes y presentan fluorescencia con luz ultravioleta.

**Figura N°19.** Determinación de *Pseudomonas aeruginosa*. (1)

## ANEXO N° 6

Valores máximos permisibles para la Calidad Microbiológico de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, NSO 13.07.01:04, y Organización Mundial de la Salud (OMS), para Agua Potable.

**Tabla N°15.** Límites Máximos Permisible para la calidad microbiológica según NSO 13.07.01:08

Parámetro	Limite 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°7

**Tabla N°16.** Número Más Probable (NMP) para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan cinco porciones de 10 mL, cinco porciones de 1 mL y cinco porciones de 0.1 mL. (3)

No. de tubos con reacciones positivas			Índice del NMP por 100 ml	Limite confiable de 95%		No. De tubos con reacciones positivas			Índice del NMP por 100 ml	Limite 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° 8

### Procedimiento de manejo del equipo: espectrofotómetro

1. Verificar que el regulador de voltaje esté conectado a una fuente de corriente.
2. Presionar el Switch de regulador de voltaje, pasando de "OFF" a "ON".
3. Encender el equipo, presionando el Switch pasando de "OFF" a "ON".
4. Digitar desde el teclado numérico la longitud de onda 420 nm para realizar el análisis.
5. Presionar la tecla "GOTO  $\lambda$ " y observar que dicho valor aparece en la parte superior izquierda de la pantalla.
6. Colocar el blanco a utilizando las celdas adecuadas y ubicando estas en ambos compartimientos (debido a que el equipo es de doble haz).
7. Presionar la tecla BACK CORR, observar que el equipo corrija a un valor de cero de absorbancia a la longitud de onda seleccionada (420 nm).
8. Posteriormente retirar la celda que se encuentra frente al analista, esta celda llenar con la muestra a analizar.
9. Observar en la parte superior derecha de la pantalla, el valor de la absorbancia generado por la muestra a la longitud de onda de 420nm.
10. Al terminar todo el análisis, apagar el equipo, luego el regulador y desconectar la fuente de la corriente.
11. Cubrir el equipo para evitar la acumulación de polvo.

**ANEXO N° 9**

**PREPARACION DE REACTIVOS Y MARCHAS PARA  
DETERMINACIONES FISICOQUIMICAS, POTENCIAL DE HIDROGENO  
pH CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, DUREZA TOTAL, NITRATOS Y  
SULFATOS**

## Preparación de reactivos para determinación de nitratos. (1)

### Reactivos

- Agua exenta de nitrato
- Solución madre de nitrato
- Solución intermedia de nitrato
- Solución de ácido clorhídrico 1N.

1. **Agua exenta de nitrato:** utilizar agua redestilada o destilada, desionizada, de la máxima pureza para todas las diluciones.

### Solución madre de nitrato

Secar nitrato potásico ( $\text{KNO}_3$ ) en un horno a  $105\text{ }^\circ\text{C}$  x 24 horas. Disolver 0,7218 g en agua, llevar a volumen 1000.0mL., 1,00 mL = 100 ug  $\text{NO}_3^- \text{N}$ . Conservar con 2 ml de  $\text{CHCl}_3$ , la solución es estable x 6 meses.

### Solución intermedia de nitrato

Diluir 100 mL de la solución madre de nitrato a 1000 mL con agua; 1,00 mL = 10,0 ug  $\text{NO}_3^- \text{N}$ . Conservar con 2 ml de  $\text{CHCl}_3$ , la solución es estable x 6 meses.

### Solución estándar de nitrato<sub>(8)</sub>

Disolver 163 mg de nitrato de potasio en agua, llevar a volumen 100 mL. De la solución anterior diluir 10 mL con agua, llevar a volumen 1000 mL. Esta solución contiene un equivalente de 0.01mg de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) por mL.

## **Solución de ácido clorhídrico 1 N**

### **Ácido clorhídrico 1 N<sub>(8)</sub>**

Diluir 85 mL de ácido clorhídrico en un balón volumétrico de 1000 mL, llevar a volumen con agua desmineralizada.

Para determinar la normalidad de la solución, pesar 5 g de trometamina (previamente secada a 105 °C por 3 horas) y disolverlos en 50 mL de agua.

Agregar 2 gotas de indicador verde de bromocresol SR.

Valorar con ácido clorhídrico 1 N hasta llegar al punto final una coloración amarillo pálido, 121,14 mg de trometamina equivale a un mL de ácido clorhídrico 1N.

$$N = \frac{\text{mg de trometamina}}{121.14 \times \text{mL de HCl}}$$

## **Preparación de reactivos para determinación de nitratos. (1)**

### **Solución reguladora A (1)**

Pesar 30g cloruro de magnesio  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , 5g acetato de sodio  $CH_3COONa$ , 1g nitrato potásico ( $KNO_3$ ), medir 20 mL de ácido acético  $CH_3COOH$  99 %, en 500 mL de agua destilada y llevar a volumen de 1000 mL.

### **Solución patrón de sulfato**

Pesar 0,1479 g  $Na_2SO_4$  anhidro, disolver en agua destilada y diluir a 1000 mL.

### **Solución estándar de sulfato<sub>(8)</sub>**

Secar a una temperatura de 105 °C por dos horas el sulfato de potasio. Disolver 181.4 mg de sulfato de potasio en agua desmineralizada, llevar a volumen 1000 mL. Esta solución contiene un equivalente de 0.10 mg de sulfato ( $SO_4$ ) por mL.

## **Preparación de reactivos para la determinación de dureza. (1)**

### **Reactivos.**

#### **Solución tampón**

Pesar 16.9 g de cloruro amónico ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), disolver en 143 mL de hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) conc. Añadir 1.25 g de sal magnésica de EDTA.

#### **Indicador de negro de eriocromo T**

Pesar 0.5 g de colorante negro de eriocromo T en 100 g de Trietanolamina

#### **Titulante EDTA estándar 0.01 M**

Pesar 3.723 g de EDTA, disolver en agua destilada y llevar a volumen hasta 1000 mL. Estandarizar la solución anterior frente a solución de calcio estándar.

#### **Solución de calcio estándar**

Pesar 1000 g de polvo de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) anhidro colocar en un Erlenmeyer de 500 mL. Colocar un embudo en el cuello de un matraz y añadir poco a poco 1 + 1 HCl hasta disolver completamente el  $\text{CaCO}_3$ .

Añadir 200 mL de agua destilada y llevar a ebullición durante unos minutos para liberar el  $\text{CO}_2$ , enfriar y añadir unas gotas de indicador de rojo de metilo, ajustar el color naranja intermedio por adición de  $\text{NH}_4\text{OH}$  3 N o 1 +1 HCL.

Transferir la solución anterior a un balón volumétrico de 1000 mL, llevar a volumen con agua destilada.

1 mL = 1 mg de  $\text{CaCO}_3$

### Estandarización de EDTA<sub>(8)</sub>

En un erlenmeyer de 125 mL colocar 5 mL de solución de CaCl<sub>2</sub>, agregar 5 gotas de solución buffer de pH 10 y 3 gotas de indicador de negro de Eriocromo T, la solución toma un color púrpura en presencia de iones de calcio y magnesio, titular con la solución de EDTA cuya normalidad se desea conocer, el punto final se puede apreciar con el vire de color a un color azul.

La Normalidad del EDTA se calcula así:

$$N_2 = \frac{V_1 \times N_1}{V_2}$$

Donde:

N<sub>2</sub> = Normalidad del EDTA

V<sub>1</sub> = mL de solución de CaCl<sub>2</sub>

V<sub>2</sub> = mL gastados de EDTA

N<sub>1</sub> = normalidad de la solución de CaCl<sub>2</sub>

**Nota:** la preparación de los reactivos, se harán los respectivos cálculos de acuerdo al volumen necesario para los análisis.

## ANEXO N°10<sub>(1)</sub>

Valores máximos permisibles para la Calidad Fisicoquímica de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, NSO 13.07.01:04, y la Norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para Agua Potable.

**Tabla N°17.** Límite Permissible de la calidad físico- química según la NSO 13.07.01:08

Parámetros	Límite máximo permisible (mg/L)
pH	8.5
Dureza total como (CaCO <sub>3</sub> )	500
Sulfato	400

**Tabla N°18.** Tabla Límite Permissible de sustancias de alto riesgo para la salud según la NSO 13.07.01:08.

Parámetro	Límite máximo permisible (mg/L)
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	45

**Tabla N°19.** Límite Permissible de conductividad según la OMS

Parámetro	Límite máximo permisible $\mu$ S/cm
Conductividad	500-800

**ANEXO Nº11**

**CERTIFICADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA ÉPOCA  
LLUVIOSA Y ÉPOCA SECA**



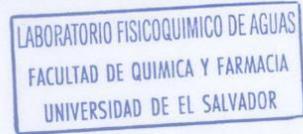
F - 09

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

<b>CODIGO N° 36-13</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
<b>Nombre y dirección del cliente:</b> LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 1 de 4
<b>Descripción de muestra:</b> AGUA DE POZO.			<b>N° DE MUESTRAS:</b> 4	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
<b>Fecha de elaboración del informe:</b> MIERCOLES, 09 DE OCTUBRE DE 2013.				
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 30 DE SEPTIEMBRE 2013.			<b>Fecha de Análisis:</b> DEL 30/09/2013 AL 07/10/2013.	
<b>Método de Análisis:</b> FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	36-13-01	POZO #1, CASERIO CENTRO, MUESTREADOR ALEX ALDANA	31 mg/L	500.00 mg/L
NITRATOS			5.9 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			20 mg/L	400.00 mg/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.  
**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 11 NOV 2013



Licda. Odette Rauda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Analista

act\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura N°20. Certificados de análisis físicoquímicos de época lluviosa pozo N° 1.



F - 09



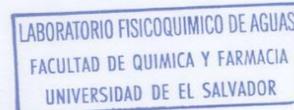
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

<b>CODIGO N° 36-13</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
<b>Nombre y dirección del cliente:</b> LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 2 de 4
<b>Descripción de muestra:</b> AGUA DE POZO.			<b>N° DE MUESTRAS:</b> 4	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
<b>Fecha de elaboración del informe:</b> MIERCOLES, 09 DE OCTUBRE DE 2013.				
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 30 DE SEPTIEMBRE 2013.			<b>Fecha de Análisis:</b> DEL 30/09/2013 AL 07/10/2013.	
<b>Método de Análisis:</b> FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	36-13-02	POZO #2, CASERIO CENTRO, MUESTREADOR LUIS AYALA	61 mg/L	500.00 mg/L
NITRATOS			10.4 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			28 mg/L	400.00 mg/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 11 NOV 2013



*Licda. Odette Rauda Acevedo*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Analista

ach\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura N°21. Certificados de análisis físicoquímicos de época lluviosa pozo N° 2



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 36-13		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 3 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.			N° DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
Fecha de elaboración del informe: MIERCOLES, 09 DE OCTUBRE DE 2013.				
Fecha de recepción de muestra: 30 DE SEPTIEMBRE 2013.			Fecha de Análisis: DEL 30/09/2013 AL 07/10/2013.	
Método de Análisis: FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	36-13-03	POZO #3, CASERIO CENTRO, MUESTRADOR ALEX ALDANA	43 mg/L	500.00 mg/L
NITRATOS			10.8 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			21 mg/L	400.00 mg/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 11 NOV 2013

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Licda. Odette Ráuda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Analista

ael\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura N°22. Certificados de análisis físicoquímicos de época lluviosa pozo N° 3.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

<b>CODIGO N° 36-13</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
<b>Nombre y dirección del cliente:</b> LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 4 de 4
<b>Descripción de muestra:</b> AGUA DE POZO.			N° DE MUESTRAS: 4	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
<b>Fecha de elaboración del informe:</b> MIERCOLES, 09 DE OCTUBRE DE 2013.				
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 30 DE SEPTIEMBRE 2013.			<b>Fecha de Análisis:</b> DEL 30/09/2013 AL 07/10/2013.	
<b>Método de Análisis:</b> FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	36-13-04	POZO #4, CASERIO CENTRO, MUESTREADOR LUIS AYALA	45 mg/L	500.00 mg/L
NITRATOS			10.1 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			28 mg/L	400.00 mg/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 11 NOV 2013

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*Odette Rauda Acevedo*  
Licda. Odette Rauda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Analista

ach\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura N°23. Certificados de análisis fisicoquímicos de época lluviosa pozo N° 4.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FISCOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 05-14		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 1 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.			N° DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 30 DE ENERO DE 2014.				
Fecha de recepción de muestra: 23 DE ENERO DE 2014.			Fecha de Análisis: 28 y 29 DE ENERO DE 2014.	
Método de Análisis: FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	05-14-01	CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO POZO #1	32 mg/L	500 mg/L
NITRATOS			3.10 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			39.00 mg/L	400.00 mg/L
Observaciones: 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 04 FEB 2014

LABORATORIO FISCOQUIMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*[Signature]*  
Lic. Odette Rauda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*[Signature]*  
Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara  
Analista

ack<sup>®</sup>

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura N°24. Certificados de análisis fisicoquímicos de época seca pozo

N° 1



F - 09

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

<b>CODIGO N° 05-14</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
<b>Nombre y dirección del cliente:</b> LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 2 de 4
<b>Descripción de muestra:</b> AGUA DE POZO.			<b>N° DE MUESTRAS:</b> 4	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
<b>Fecha de elaboración del informe:</b> JUEVES, 30 DE ENERO DE 2014.				
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 23 DE ENERO DE 2014.			<b>Fecha de Análisis:</b> 28 y 29 DE ENERO DE 2014.	
<b>Método de Análisis:</b> FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	05-14-02	CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO POZO #2	100 mg/L	500 mg/L
NITRATOS			8.20 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			27.00 mg/L	400.00 mg/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.  
**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 04 FEB 2014

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*[Signature]*  
Lic. Odette Raudá Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*[Signature]*  
Lic. Rosa Mirian Rojas de Lara  
Analista

ael®

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura N°25. Certificados de análisis fisicoquímicos de época seca pozoN°2



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 05-14		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 3 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.			N° DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 30 DE ENERO DE 2014.				
Fecha de recepción de muestra: 23 DE ENERO DE 2014.			Fecha de Análisis: 28 y 29 DE ENERO DE 2014.	
Método de Análisis: FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	05-14-03	CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO POZO #3	48 mg/L	500 mg/L
NITRATOS			4.70 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			21.00 mg/L	400.00 mg/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.  
**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 04 FEB 2014

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*Odette Rauda Acevedo*  
Lic. Odette Rauda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Rosa Mirian Rivas de Lara*  
Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara  
Analista

ach\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura N°26. Certificados de análisis físicoquímicos de época seca pozo N°3.



F - 09

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO Nº 05-14		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: LUIS ALFREDO AYALA. RESIDENCIAL ALTA VISTA, POLIGONO "O" PASAJE 36. CASA #67. TONACATEPEQUE. SAN SALVADOR				Pág. 4 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.			Nº DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO. ILOBASCO. CABAÑAS.				
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 30 DE ENERO DE 2014.				
Fecha de recepción de muestra: 23 DE ENERO DE 2014.			Fecha de Análisis: 28 y 29 DE ENERO DE 2014.	
Método de Análisis: FOTOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DUREZA TOTAL	05-14-04	CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO POZO #4	64 mg/L	500 mg/L
NITRATOS			4.80 mg/L	45.00 mg/L
SULFATOS			23.00 mg/L	400.00 mg/L
<b>Observaciones:</b>				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 04 FEB 2014

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*Lic. Odette Rauda Acevedo*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Rosa Mirian Rojas de Lara*  
Analista

aef\*

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa\_ues@yahoo.com

Figura Nº27. Certificados de análisis físicoquímicos de época seca pozo Nº4.

**ANEXO Nº 12**

**CHARLA INFORMATIVA IMPARTIDA A LOS HABITANTES DEL  
CANTON AGUA ZARCA CASERIO CENTRO: CONTENID  
IMPARTIDOS EN LA CHARLA, TRIPTICO, FOTOS DEL DIA DE LA  
CHARLA, LISTA DE ASISTENCIA.**

## CHARLA INFORMATIVA

Se impartió una charla educativa en la casa comunal del Cantón Agua Zarca, Caserío Centro, Municipio de Ilobasco sobre las condiciones higiénico-sanitarias que se deben mantener en los pozos, así mismo algunos métodos caseros de desinfección del agua que permitan la prevención de enfermedades gastrointestinales. (Ver anexos N° 12).

### Contenidos tratados en la charla:

- Definición de los diferentes microorganismos que se han estudiado en dicho análisis de acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

Se dieron las definiciones de cada uno de los microorganismos en estudio como lo es mesofilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia coli*** y patógenos ***Pseudomona aeruginosa***, así como también las condiciones en las que crecen mejor.

-Explicación de los efectos a la salud cuando los límites fisicoquímicos y microbiológicos no cumplen con la Normativa Salvadoreña para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

Se explicó los efectos de cada uno de los microorganismos en estudio en la salud, cuando la cantidad de los mismos sobrepasa los límites máximos permisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

- Resultados del diagnóstico de las condiciones higiénico-sanitarias.

Se les presentó a los asistentes a la charla informativa los resultados obtenidos a través de la guía de inspección, donde se les manifestó que se deben mejorar las condiciones higiénicas sanitarias de los alrededores de pozos como el interior de los mismos.

- Resultados de los análisis microbiológicos y físico-químicos realizados.

Se les presento a los asistentes a la charla informativa los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros estudiados tanto microbiológicos como físicoquímicos, donde se les explico que el agua de los pozos seleccionados no cumple con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

- Recomendaciones para el mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias en los pozos. (12)(11)(5) (Ver anexo N° 12)

Se les brindaron recomendaciones prácticas a los asistentes a la charla informativa, de cómo mejorar las condiciones higiénicas sanitarias de los pozos, así mismo se les hablo de los métodos caseros de desinfección del agua, ebullición del agua, cloración (uso de puriagua), uso de filtro que puede ser comercial o artesanal, además se les entrego un tríptico donde se plasmaron las recomendaciones.

## Tríptico informativo

Tríptico informativo que se entregó el día de la charla a cada participante.

### QUE CUIDADOS DEBO TENER CON EL POZO

- **LAVAR EL POZO POR LO MENOS CADA 4 MESES.**
- **NO MANTENER ACULACION DE BASURA EN LOS ALREDEDORES DE LOS POZOS.**
- **ELIMINAR CHARCOS O AGUAS ESTANCADAS DE LOS ALREDEDORES DE LOS POZOS.**
- **EVITAR QUE LOS ANIMALES DOMESTICOS DEFEQUEN EN LOS ALREDORES DE LOS POZO**
- **DISTANCIA MINIMA CON LA LETRINA 15m**

**MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS ESTA EN TUS MANOS**



### ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA CONTAMINADA



- ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES:
- DIARREA
- VOMITO
- PSEUDOMONA PUEDE CAUSAR DESTRUCCION DE TEJIDOS

¿QUE HACER?



HERVIR EL AGUA ENTRE 3 A 5 MINUTOS DESPUES DE HABER INICIADO A HERVIR.



### UTILIZAR PURIFICADORA

GUA

8 GOTAS POR LITRO DE AGUA.

1 TAPON PARA UN CANTARO DE 25 A 30 BOTELLAS



#### FILTRO Casero



FILTACION DEL AGUA:

FILTRO CASERO

FILTRO COMERCIAL

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA





El Agua es vida | Cuidarla!

SE DETERMINO LA CALIDAD DEL AGUA DE 4 POZOS, EN EPOCA LLUVIOSA Y EN EPOCA SECA, ENCONTRANDOSE EN TODOS LOS POZOS MICROORGANISMOS QUE REPRESENTAN UN RIESGO PARA LA SALUD DE LOS CONSUMIDORES.

ASI MISMO SE REALIZO UN A DIAGNOSTICO DE LA CONDICIONES HIGIENICO SANITARIA DE LOS POZOS.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DE AGUA DE POZO DEL CANTON AGUAZARCA CASERIO CENTRO



CHARLA INFORAMTIVA

## Fotos de asistencia a charla informativa



**Figura Nº 28.** Fotos de asistencia a charla informativa

LISTA DE ASISTENCIA CHARLA INFORMATIVA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
 DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y  
 MICROBIOLOGICOS DE AGUA DE POZO DEL CANTON AGUA  
 ZARCA, CASERIO CENTRO, MUNICIPIO DE ILOBASCO,  
 DEPARTAMENTO DE CABAÑAS.  
 ASISTENCIA A CHARLA EDUCATIVA  
 FECHA: Miércoles 19 de Marzo de 2014



NOMBRE	LUGAR	FIRMA
Pedro O. Díaz Escobar	Agua Zarca centro	<i>[Signature]</i>
Isidro H. Flores	Agua Zarca centro	<i>[Signature]</i>
Bernardino Abrego	Agua Zarca centro	<i>[Signature]</i>
Cresencia Lidia	Iglecias. Agua Zarca	<i>[Signature]</i>
Diega del Carmen	M. Caserio los com. D.C.	
Felicitá flores	Caserio los. flores	F. G.
Edo Salma	Revera	
M <sup>ra</sup> Elena Escobar	Agua Zarca Centro	<i>[Signature]</i>
maría cristina Pi	el garidan	
antonía navarro		A. N.
beronica del Carmen		B. N.
Alejandro coto	ga	
Juan Santos Rivas		J. R.
Dalila del Carmen Gómez Aldana		<i>[Signature]</i>
maria alba iglesias		
maribel del Carmen Valladares		<i>[Signature]</i>
Maria Miriam	urias	M. M.

FIGURA Nº 29. Lista de asistencia charla informativa



## ANEXO N°13



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



San Salvador, 03 de Abril del 2014

Dr. Siria Magdalena Navarro Gómez  
Directora  
Equipo comunitario de salud Familiar  
Cantón Aguazarca  
Presente

Reciba un cordial saludo deseándole éxitos en sus labores diarios.  
El motivo de la presente es para presentar a usted los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de 4 pozos del cantón Aguazarca caserío centro, ya que fue el objetivo del trabajo de graduación titulado: **"DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA DE POZO DEL CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO, MUNICIPIO DE ILOBASCO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS"**

Cabe mencionar que anexo a los resultados, se incluyen las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.08 "Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable, la cual se ha tomado como parámetro para comparar los resultados del estudio.

Agradeciendo de antemano su atención.

Agradeciendo de antemano su atención

Atentamente



F. 

Luis Alfredo Ayala Ayala

F. 

Luis Alexander Gómez Aldana

Estudiantes Egresados de Licenciatura en Química y Farmacia



Figura N° 30. Entrega de resultados al equipo comunitario en salud Familiar (ECOSF)

ANEXO N°14



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



San Salvador, 03 de Abril del 2014

Sr. José María Dimas Castellanos  
Alcalde de Ilobasco  
Alcaldía Municipal de Ilobasco

ALCALDIA MUNICIPAL DE ILOBASCO	
RECIBIDO	
FECHA:	3/Abril/2014
HORA:	3:30 pm
NOMBRE:	Isabel Ruiz
FIRMA:	

Presente

Reciba un cordial saludo deseándole éxitos en sus labores diarios.

El motivo de la presente es para presentar a usted los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de 4 pozos del cantón Aguazarca caserío centro, ya que fue el objetivo del trabajo de graduación titulado: **"DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA DE POZO DEL CANTON AGUA ZARCA, CASERIO CENTRO, MUNICIPIO DE ILOBASCO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS"**

Cabe mencionar que anexo a los resultados, se incluyen las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.08 "Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable, la cual se ha tomado como parámetro para comparar los resultados del estudio.

Agradeciendo de antemano su atención.

Atentamente

F

Luis Alfredo Ayala Ayala

F

Luis Alexander Gómez Aldana

Estudiantes Egresados de Licenciatura en Química y Farmacia

Figura N° 31. Entrega de resultados, alcaldía municipal de Ilobasco  
Cabañas

## ANEXO N°15

**Informe de resultados de la guía de inspección higiénico- sanitaria, análisis microbiológicos y fisicoquímicos realizados a muestras de agua de pozo durante los meses de septiembre del 2013 y enero del 2014, cantón Aguazarca caserío centro.**

### I. RESULTADOS

#### 1.1 RESULTADOS DE LA GUIA DE INSPECCION DE LAS CONDICIONES HIGIENICO-SANITARIAS.

**Tabla N°1:** Resultado de la guía de inspección higiénico-sanitaria.

CONDICIONES VERIFICADAS	RESPUESTAS	%
¿Se encuentra tapado el pozo?	Si	100
¿Cuál es el material de construcción de la tapadera?	Madera Mixta: madera y lamina	41.40 58.60
¿Se encuentran animales domésticos cerca del pozo?	Si	100
¿A que distancia se encuentra la letrina o fosa séptica?	Entre 10-20 metros Entre 20-30 metros	68.96 31.04
¿Existen botaderos de basura cerca del pozo? _____ a que distancia?	Si 1-10 metros 10-20 metros	100 37.96 62.04
¿Cuántos metros tiene de profundidad el pozo?	Entre 1-15 metros Entre 15-30 metros	79.32 20.68
¿Cada cuanto tiempo se realiza la limpieza del pozo?	2 veces por año 1 vez por año	6.90 93.10
¿Tiene bomba el pozo?	Si NO	72.41 27.59
¿Hay cerca del pozo agua superficial estancada?	Si No	62.06 37.94
¿Qué actividades se realizan cerca del pozo?	Agrícola Ganadera	79.31 20.69

En la tabla N° 1 se muestran los resultados del diagnostico encontrándose que uno de los factores contaminante con mayor incidencia es la presencia de animales domésticos con el 100 % como lo son gallinas y ganado, cerca o en los alrededores de los mismos, seguidamente de la presencia de basurales con el 100% a diferentes distancias de los mismos, debido a que en la zona rural no existe un sistema de recolección o tratamiento de desechos lo que contribuye en la calidad del agua de los pozos.

De igual manera el 68.96% de las letrinas se encuentran a distancias menores de 15 m de distancia así como también la mala ubicación con respecto al terreno ya que en algunos pozos la letrina se encuentra en la parte mas alta del terreno, siendo lo ideal el pozo en la parte más alta del terreno.

La limpieza del interior de los pozos es un factor determinante en la calidad del agua, ya que con el diagnostico se logro detectar que el 93.10 % una vez cada año lleva a cabo la limpieza de los mismos, permitiendo el crecimiento de lana en las paredes lo que facilita la proliferación de microorganismos, de igual forma la profundidad influye en la contaminación de los pozos ya que el 79.31 % están entre 1-15 m, lo que los hace mas propensos a la infiltración de agentes contaminantes desde la superficie.

## **1.2. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS**

Se tomaron muestras de 4 pozos seleccionados, las cuales fueron analizadas para determinar su calidad microbiológica y fisicoquímica. Los parámetros determinados fueron bacterias mesofilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*, y potencial de hidrogeno pH, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos y sulfatos.

Los resultados obtenidos según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.08 agua potable se detallan a continuación

**Tabla Nº 2: Resumen de resultados análisis microbiológicos**

PARAMETROS Y LIMITE PERMISIBLES SEGÚN NSO 13.07.01.08	NUMERO DE MUESTRA				
	Época	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4
<b>BACTERIAS MESOFILAS AEROBIAS:</b> LIMITE 100 UFC/mL	Lluviosa	1140 UFC/ mL	1620 UFC/ mL	1270 UFC/ mL	1120 UFC/ mL
	Seca	550 UFC/ mL	50 UFC/ mL	120 UFC/ mL	140 UFC/ mL
<b>COLIFORMES TOTALES:</b> LIMITE <1.1 NMP/mL	Lluviosa	≥ 1600 NMP/ 100 mL			
	Seca	300NMP/ 100 mL	≥ 1600 NMP/ 100 mL	900NMP/ 100 mL	300 NMP/ 100 mL
<b>COLIFORMES FECALES:</b> LIMITE <1.1 NMP/mL	Lluviosa	14 NMP/ 100 mL	26 NMP/ 100 mL	80 NMP/ 100 mL	27 NMP/ 100 mL
	Seca	2 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL	9 NMP/100 mL	4 NMP/100 mL
<b><i>Escherichia coli:</i></b> LIMITE <1.1 NMP/mL	Lluviosa	14 NMP/ 100 mL	26 NMP/ 100 mL	80 NMP/ 100 mL	27 NMP/ 100 mL
	Seca	2 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	8 NMP/100 mL
<b><i>Pseudomona aeruginosa:</i></b> LIMITE AUSENCIA	Lluviosa	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Seca	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
<b>RESULTADO</b>		<b>NO CONFORME</b>	<b>NO CONFORME</b>	<b>NO CONFORME</b>	<b>NO CONFORME</b>

**Tabla Nº 3: Resumen de resultados análisis fisicoquímicos**

PARAMETROS Y LIMITES PERMISIBLES SEGÚN NSO 13.07.01.08	NUMERO DE MUESTRA				
	Época	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4
POTENCIAL DE HIDROGENO pH  LIMITE 8.5	Lluviosa	6.42	6.41	6.52	6.76
	Seca	6.5	6.45	6.55	6.8
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA :  LIMITE 500-800 µS/CM	Lluviosa	154.15µS/cm	441.5µS/cm	311.5µS/cm	416.5µS/cm
	Seca	153.25µS/cm	440.15µS/cm	302.5µS/cm	401.5µS/cm
DUREZA TOTAL:  LIMITE 500 MG/L	Lluviosa	31mg/L	61 mg/L	43 mg/L	45 mg/L
	Seca	32mg/L	100mg/L	48mg/L	64mg/L
NITRATOS  LIMITE 45 mg/L	Lluviosa	5.9 mg/L	10.4 mg/L	10.8 mg/L	10.1 mg/L
	Seca	3.10 mg/L	8.20 mg/L	4.70 mg/L	4.80 mg/L
SULFATOS  LIMITE 400 mg/L	Lluviosa	20.0 mg/L	28.0 mg/L	21.0 mg/L	28.0 mg/L
	Seca	39.0mg/L	27.0 mg/L	21.0 mg/L	23.0 mg/L
<b>RESULTADO</b>		<b>CONFORME</b>	<b>CONFORME</b>	<b>CONFORME</b>	<b>CONFORME</b>

**1.3** Valores máximos permisibles para la Calidad Microbiológico de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, NSO 13.07.01:04, y Organización Mundial de la Salud (OMS), para Agua Potable.

**Tabla N° 4:** Límites Máximos Permisible para la calidad microbiológica según NSO 13.07.01:08

Parámetro	Limite 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		

**1.3** Valores máximos permisibles para la Calidad Físicoquímica de la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, y la Norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para Agua Potable.

**Tabla N° 5:** Límite Permisible de la calidad físico- química según la NSO 13.07.01:08

Parámetros	Límite máximo permisible (mg/L)
pH	8.5
Dureza total como (CaCO <sub>3</sub> )	500
Sulfato	400

**Tabla N° 6:** Tabla Límite Permisible de sustancias de alto riesgo para la salud según la NSO 13.07.01:08

Parámetro	Límite máximo permisible (mg/L)
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	45

**Tabla N° 7:** Límite Permisible de conductividad según la OMS

Parámetro	Límite máximo permisible $\mu$ S/cm
Conductividad	500-800

## CONCLUSION

Los 4 pozos seleccionados no cumplen con las condiciones higiénicos - sanitarias de acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08. por lo que contribuye en los resultados obtenidos en la investigación, así mismo no cumplen con parámetros microbiológicos, recuento de bacterias mesofilas aerobias, coliformes totales, coliformes fecales, ***Escherichia coli*** y patógenos ***Pseudomona aeruginosa***, determinándose que para los primeros 4 parámetros son mayores los valores en época lluviosa que en la época seca, pero para ***Pseudomona aeruginosa*** los valores son iguales en las dos épocas.

La contaminación del agua subterránea que es la que abastece los pozos podría ser debido a la presencia de animales domésticos en los alrededores de los mismos, así como también la cercanía y mala ubicación de las letrinas y fosas sépticas.

Los parámetros fisicoquímicos determinados, Potencial de Hidrogeno pH, Conductividad eléctrica, Dureza total, Nitratos y sulfatos cumplen con las

especificaciones Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

El agua de los pozos seleccionados no es apta para el consumo humano debido a que no cumple con los parámetros microbiológicos según las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

## **2. RECOMENDACIONES.**

1. Que el equipo comunitario en salud familiar (ECOSF) realice campañas de verificación de las condiciones higiénico-sanitarias de los pozos de la comunidad para disminuir la contaminación de éstos.
2. Que las actividades ganaderas se realicen a una distancia lejana de los pozos para evitar la contaminación por material fecal de origen animal así como también que las letrinas y fosas sépticas se encuentren por lo menos a 25 metros de distancia y en la parte más baja del terreno con respecto al pozo.
3. Que el agua para consumo humano obtenida de los pozos seleccionados se le dé tratamiento con los diferentes métodos prácticos de desinfección tales como puriagua, ebullición (agua hervida), filtración del agua.
4. Que las autoridades competentes como el equipo comunitario en salud familiar (ECOSF) y Alcaldía Municipal, lleven a cabo programas de monitoreo por lo menos dos veces al año tanto microbiológicos y fisicoquímicos del agua de los pozos seleccionados y no seleccionados para consumo humano, para que estos cumplan con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01.08.

5. Que los habitantes de la comunidad en conjunto con la Alcaldía Municipal gestionen en proyectos de donaciones de filtros para purificación del agua, a través de una organización no gubernamental (ONG), o por medio de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).
  
6. Que la Alcaldía Municipal en conjunto con las ADESCOS del Cantón promuevan, campañas de recolección, manejo adecuado y disposición final de la basura, así como el desecho de aguas de lavado sean depositadas con responsabilidad en un lugar donde no afecten la calidad de agua de consumo, debido a que es uno de los factores de contaminación del agua subterránea.