

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA.  
SECCION DE TECNOLOGIA MÉDICA.  
CARRERA DE LICENCIATURA EN LABORATORIO CLÍNICO.**



**TEMA:**

**DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, FECALES Y *Escherichia coli*  
EN EL AGUA DE LOS POZOS ARTESANALES DEL CASERIO EL GUAYABAL,  
CANTÓN SAN ANTONIO CHAVEZ, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE SAN  
MIGUEL ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO CON HIPOCLORITO DE  
SODIO AL 0.5% EN EL PERIODO DE JULIO A SEPTIEMBRE DEL AÑO 2013.**

**PRESENTADO POR:**

**PEDRO JOSÉ LEIVA CRUZ**

**JOSE FRANCISCO MENJIVAR GÓMEZ**

**ROBERTO ALEXANDER ORELLANA MEDINA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**MAESTRO CARLOS ALFREDO MARTINEZ LAZO**

**OCTUBRE DE 2013**

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

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**AUTORIDADES**

INGENIERO MARIO ROBERTO NIETO LOVO.

**RECTOR**

MAESTRA ANA MARÍA GLOWER DE ALVARADO.

**VICERRECTORA ACADÉMICA**

(PENDIENTE DE ELECCIÓN).

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

DOCTORA ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA.

**SECRETARIA GENERAL**

LICENCIADO FRANCISCO CRUZ LETONA.

**FISCAL GENERAL**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**

**AUTORIDADES**

**MAESTRO CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ.**

**DECANO**

**LICENCIADO CARLOS ALEXANDER DÍAZ.**

**VICEDECANO**

**MAESTRO JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ.**

**SECRETARIO**

**DEPARTAMENTO DE MEDICINA**

DOCTOR FRANCISCO ANTONIO GUEVARA GARAY.

**JEFE DEL DEPARTAMENTO**

MAESTRA LORENA PATRICIA PACHECO HERRERA.

**COORDINADORA DE LA CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

MAESTRA OLGA YANETT GIRÓN DE VASQUEZ.

**COORDINADORA GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN  
DE LA CARRERA DE LABORATORIO CLINICO**

MAESTRA ELBA MARGARITA BERRÍOS CASTILLO.

**DIRECTORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DE LA  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

## **ASESORES**

MAESTRO CARLOS ALFREDO MARTÍNEZ LAZO.

**DOCENTE DIRECTOR**

LICENCIADO SIMÓN MARTÍNEZ DÍAZ.

**ASESOR DE ESTADÍSTICA**

MAESTRA ELBA MARGARITA BERRIOS CASTILLO.

**ASESORA DE METODOLOGÍA**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS TODOPODEROSO:**

Por concluir con éxito nuestra carrera, brindarnos sabiduría e iluminación en los momentos más difíciles.

### **A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR:**

Por convertirse en nuestra alma mater y faro de sabiduría que recordaremos por siempre por formar a grandes profesionales del hoy y del mañana.

### **A LOS PROFESORES:**

Con cariño a los docentes que forman parte de la carrera de licenciatura en Laboratorio Clínico por su desempeño, dedicación, sabiduría y paciencia. Por brindarnos sus valiosos conocimientos en nuestra formación profesional. De manera muy especial, con mucho aprecio y estimación al maestro Carlos Alfredo Martínez Lazo, por brindarnos sus conocimientos y muy valiosa amistad a lo largo de nuestra elaboración de tesis.

### **Al Licdo. ALCIDES MARTÍNEZ Y SR. FIDEL MEDALES MEDINA:**

Por habernos brindado su apoyo incondicional a lo largo del desarrollo de nuestro trabajo de investigación. Permitiéndonos hacer uso del laboratorio de microbiología de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

### **A LA UNIDAD COMUNITARIA DE SALUD FAMILIAR DE EL ZAMORAN, SAN MIGUEL:**

Por habernos proporcionado el tratamiento aplicado a los pozos (puriagua). En especial a don Rolando Rodríguez inspector sanitario de dicha unidad. Por orientarnos a conocer la necesidad del caserío el guayabal, y así poder ayudar a la comunidad para que puedan tener un mejor estilo de vida.

**A EL SR. JOSÉ MARÍA RODRÍGUEZ:**

Por proporcionarnos su ayuda incondicional en el reconocimiento del caserío y el apoyo al momento de realizar el muestreo.

**Al Licdo. GUSTAVO ERNESTO ZÚNIGA ARÉVALO:**

Por su orientación antes durante y después del proceso de tesis, por su ayuda en el muestreo y más gracias por su apoyo.

**Al Ing. JOSÉ ERNESTO ESPINOZA**

Por brindarnos sus conocimientos teóricos y prácticos los cuales nos sirvieron en la elaboración de nuestro trabajo de graduación.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODOPODEROSO:**

Agradecimiento súper especial a mi Dios todo poderoso por ser luz en los momento de oscuridad, fortaleza en los momento más difíciles de mi vida y haberme dado sabiduría paciencia y entrega para poder lograr un éxito más de durante mi vida. Gracias por ser por ser un pilar de fuerza en el recorrido de mi carrera y ya que sin su ayuda no hubiese sido posible.

### **A MIS PADRES:**

Pedro José Leiva y América Esperanza cruz por su apoyo incondicional económicamente a pesar de los diferentes circunstancias y problemas en la vida. Gracias por su apoyo moral, motivación en los momentos más difíciles de mi carrera gracias por ser parte fundamental en el camino de la vida, ser alegría en los momentos de tristeza y disfrutar conmigo en los triunfos y derrotas.

### **A MIS HERMANOS:**

Will Leiva, Flor Leiva, Cristian Leiva y Lidia Leiva agradecer por su apoyo emocional, sus consejos positivos durante mi vida que han sido un impulso para lograr un éxito más en mi vida.

### **A MIS COMPAÑEROS:**

A mis compañeros de tesis por haberme brindado una sincera y verdadera amistad durante el largo camino de nuestra carrera, gracias por su apoyo y compartir en los momentos de alegría, tristezas y diferentes momentos difíciles que pasamos.

**Pedro José Leiva Cruz.**



## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODOPODEROSO:**

Por haberme ayudado durante estos años, el sacrificio fue grande pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para saber que si se puede lograr lo que uno se propone en la vida, este triunfo también es tuyo mi Dios ya que se ha cumplido la meta para alcanzar mi formación profesional.

### **A MI MADRE:**

Gladis Gómez Hernández por estar ahí en todo momento dándome palabras de aliento para continuar mis estudios, también por su comprensión brindada, por ayudarme económicamente a lo largo de mi carrera, ya que sin su ayuda este triunfo nunca hubiese sido posible.

### **A MI FAMILIA:**

En especial a mi tía Vilma del Carmen Gómez, a mi abuela Rosa Orbelina Gómez y Abigail Guardado por apoyarme siempre a lo largo de mi carrera tanto económicamente como moralmente.

### **A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:**

Por su apoyo incondicional y dedicación a lo largo de este proceso, por los momentos que hemos compartido tanto buenos o malos y las dificultades que hemos superado juntos.

### **A LOS PROFESORES:**

Licda. Iveth León de Mendoza, Licdo. Nelson Osorio, Licda. Erlin Osorio, Licda. Hortensia Reyes, Licda. Karen Ayala, Licda. Lorena Pacheco, por motivarme a culminar mi carrera y a no darme nunca por vencido gracias.

**José Francisco Menjivar Gómez.**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODOPODEROSO:**

Por brindarme sabiduría, iluminación y mucha paciencia a lo largo de mi carrera profesional y poder culminar a si tan glorioso mérito.

### **A MIS PADRES:**

José Roberto Orellana Lara y María Bernardina Medina de Orellana, por el apoyo incondicional en toda mi vida, y más aún en el apoyo brindado en el trascurso de mi carrera por ser ellos mis motivadores y sin su ayuda este logro no hubiera sido posible.

### **A MI FAMILIA:**

Por qué es la familia el tesoro más grande brindado en la vida sin su apoyo, cariño y consejos brindados en el trascurso de mi vida este logro no habría sido alcanzado.

### **A MIS TÍOS:**

Fidel Ángel Velásquez y de manera muy especial a María Berta Emeli Orellana de Velásquez, por brindarme sus conocimientos profesionales en Laboratorio Clínico.

### **A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:**

Por su comprensión, dedicación y sobretodo su valiosa amistad en el desarrollo de este trabajo y poder de esta manera a ver alcanzado juntos la meta de ser grandes profesionales.

**Roberto Alexander Orellana Medina.**

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE GRÁFICAS</b> .....	xvi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xvii
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xviii
<b>RESUMEN</b> .....	xix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xx
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Antecedentes del fenómeno de estudio.....	23
1.2 Enunciado del problema. ....	29
1.3 Hipoclorito de sodio al 0.5%Justificación del estudio.....	30
1.4 Objetivos de la investigación. ....	31
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 El agua.....	32
2.2 Parámetros físicos y químicos en el agua.....	38
2.3 Parámetros biológicos del agua.....	43
2.4 Calidad microbiológica del agua. ....	43
2.5 Descripción de los abastecimiento de agua.....	45
2.6 Letrinas o fosas sépticas. ....	46
2.7 Mecanismos de introducción y propagación de la contaminación en el acuífero. ....	49
2.8 La contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. ....	50

2.9	Factores que contribuyen a la contaminación del agua.....	51
2.10	Microorganismos patógenos transmitidos por el agua. ....	52
2.11	Medios de cultivo.....	64
2.12	Métodos de determinación para coliformes totales, fecales y e.coli. ....	68
2.13	Métodos de desinfección del agua. ....	69
2.14	Normas bacteriológicas. ....	74

### **CAPITULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

3.1	Hipotesis de trabajo: .....	75
3.2	Hipotesis nula: .....	75
3.3	Operacionalización de las hipótesis en variables e indicadores. ....	76

### **CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO**

4.1	Tipo de investigación. ....	78
4.2	Universo.....	78
4.3	Muestra.....	79
4.4	Criterios para establecer la muestra. ....	79
4.5	Tipo de muestreo. ....	79
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	79
4.7	Técnicas o métodos de laboratorio.....	80
4.8	Equipo de laboratorio, materiales y reactivos. ....	81
4.9	Procedimiento.....	82

### **CAPITULO V: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

5.1	Análisis e interpretación de los resultados.....	87
5.2	Prueba de hipótesis. ....	105

**CAPITULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones.....109

6.2 Recomendaciones.....110

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....112**

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Límites permisibles de características físicas y orgánicas. ....	39
Tabla 2: Valores para sustancias químicas. ....	40
Tabla 3: Valores para sustancias químicas de tipo inorgánicas de alto riesgo para la salud. ....	41
Tabla 4: Valores para sustancias químicas orgánicas de riesgo para la salud. ....	42
Tabla 5: dosificación del Hipoclorito de Sodio si la concentración es de 0.5% (5000 mg/L). ....	72
Tabla 6: dosificación del Hipoclorito de Sodio si la concentración es de 1% (10000 mg/L). ....	73
Tabla 7: dosificación del Hipoclorito de Sodio si la concentración es de 5% (50000 mg/L). ....	73
Tabla 8: Límites máximos permisible para la calidad microbiológica. ....	74
Tabla 9. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias de las bacterias de origen fecal encontradas en agua de pozo. ....	88
Tabla 10. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias de las bacterias de origen fecal encontradas en agua de pozo después del tratamiento. ....	89
Tabla N° 11. Distancia entre la letrina y el pozo con su respectiva profundidad. ....	90
Tabla N° 12. Protección interna del pozo con relación al tiempo de construcción de la letrina. ....	92
Tabla N° 13. Presencia de <i>Escherichia coli</i> con relación a la distancia entre pozo y letrina. ....	95
Tabla N° 14. Presencia de coliformes fecales con relación distancia entre la letrina y el pozo. ....	97
Tabla N° 15. Presencia de coliformes totales con relación distancia entre la letrina y el pozo. ....	100
Tabla N° 16. Tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5% (puriagua) con respecto a la eliminación de los coliformes totales. ....	102

Tabla N° 17. Cuadro comparativo de la media del grado de contaminación. ....	105
Tabla N° 18. Comprobación de la hipótesis de trabajo $H_{i1}$ . .....	107
Tabla N° 19. Comprobación de la hipótesis de trabajo $H_{i2}$ . .....	108

## LISTA DE GRAFICAS

Grafica N° 1. Distancia entre la letrina y el pozo con su respectiva profundidad.	91
Grafica N° 2. Tipo de protección interna del pozo con relación al tiempo construcción de la letrina.....	93
Grafica N° 3. Presencia de <i>Escherichia coli</i> con relación a la distancia entre pozo y letrina. ....	96
Grafica N° 4. Presencia de coliformes fecales con relación distancia entre la letrina y el pozo. ....	98
Grafica N° 5. Presencia de coliformes totales con relación distancia entre la letrina y el pozo. ....	101
Grafica N° 6. Tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5% con respecto a la eliminación de coliformes totales en el agua de pozo.....	103



## LISTA DE FIGURAS.

Fig. 1. Distancia incorrecta entre pozo y la letrina. ....	116
Fig. 2. Distancia correcta entre pozo y la letrina. ....	116
Fig. 3. Grupo investigador recorriendo El Caserío Guayabal para la toma de muestra de agua de pozo.....	117
Fig. 4. Encuesta realizada para la selección de la muestra de agua. ....	117
Fig. 5. Toma de distancia entre letrina y pozo. ....	118
Fig. 6. Toma de muestra en pozo artesanal. ....	118
Fig. 7. Toma de muestra de agua en pozo con bomba.....	119
Fig. 8. Finalización del Muestreo. ....	119
Fig. 9. Inoculación de la muestra de agua en placa 3M Petrifilm.....	120
Fig. 10. Crecimiento en la placa 3M petrifilm a las 24 horas de incubación.....	121
Fig. 11. Recuento de unidades formadoras de colonias a las 24 horas de incubación a 37°C. ....	122
Fig. 12. Resiembra de las colonia de la placa 3M petrifilm a el caldo tripticasa soya.....	122
Fig. 13. Resiembra del caldo tripticasa soya a medios selectivos y diferenciales para Enterobacterias. ....	123
Fig. 14. Inoculación en las diferentes pruebas bioquímicas (para la identificación de género y especie). ....	123
Fig. 15. Entrega del Hipoclorito de Sodio al 0.5% (Puriagua) y la hoja de dosificación para aplicar a el agua de los pozos. ....	124

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Glosario .....	126
Anexo 2. Abreviaturas.....	130
Anexo 3. Cronograma de actividades a desarrollar en el proceso de graduación ciclo i y ii año 2013.....	131
Anexo 4. Cronograma de actividades específicas. ....	132
Anexo 5. Presupuesto y financiamiento. ....	133
Anexo 6. Ciclo hidrológico del agua.....	134
Anexo 7. Uso del puriagua (Hipoclorito de sodio al 0.5%). ....	134
Anexo 8. Croquis del caserío el guayabal.....	135
Anexo 9. Guía de entrevista e inspección higiénico-sanitaria de pozos y letrinas. ....	136
Anexo 10. Pasos para la toma de muestra de agua de pozo con bomba. ....	138
Anexo 11. Pasos para la toma de muestra de agua de pozo sin bomba. ....	138
Anexo 12. Pasos para la inoculación de placa 3m petrifilm. ....	139
Anexo 13. Tabla para el registro y recuento de la placa 3M petrifilm.....	140
Anexo 14. Viñeta para rotulación de muestra. ....	140
Anexo 15. Hoja de resultados de crecimiento de las colonias. ....	141
Anexo 16. Anexo Hoja de resultados de pruebas bioquímicas. ....	141
Anexo 17. Hoja de reporte. ....	142
Anexo 18. Hisopo QUICK SWAB 3M (Para identificar bacterias en superficies como utensilios de cocina, manos, uñas y otros).....	143
Anexo 19. Tabla para la identificación de género y especie de Enterobacterias. ....	144
Anexo 20. Tabla de prueba t de student. ....	145

## RESUMEN

El agua es esencial para la vida, esta debe de ser un líquido incoloro e insípido y libre de microorganismos se realizó esta investigación para determinar coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos artesanales del caserío El Guayabal cantón San Antonio Chávez, municipio y departamento de San Miguel ya que cuando las condiciones de ubicación y construcción entre letrinas y pozos artesanales en zonas rurales no son las adecuadas se corre el riesgo de contaminar el agua la cual es utilizada para usos domésticos, manipulación de alimentos y principalmente para el consumo humano. Esto puede ocasionar ciertos problemas en la salud de las personas al ingerir esta agua que se encuentra contaminada. **Los objetivos:** de este estudio fueron determinar la presencia de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos artesanales del caserío El Guayabal, cantón San Antonio Chávez, municipio y departamento de San Miguel antes y después de realizar tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5% a el agua de los pozos que se encuentren contaminados en la comunidad. **Metodología:** de la investigación fue de tipo transversal, descriptivo, analítico y de laboratorio, con una población de 27 pozos muestreados, se efectuó una entrevista a los dueños de los pozos con el fin de identificar los factores que contribuyen a esta contaminación. **Resultados:** el 100% de la población utiliza el agua extraída sin ningún tratamiento para el lavado de utensilios de cocina, procesamiento de los alimentos, un 92.5% la utiliza para el consumo. El 96.3% de los pozos presentó contaminación con coliformes fecales y totales, el 70.4% positivo a *Escherichia coli*, el 3.7% restante no presento contaminación, el 14.8% cumple con la distancia establecida por la norma salvadoreña obligatoria el cual es de 15 metros y el 85.2% está a una distancia mayor a lo establecido. Los promedios de coliformes totales encontrados fueron de 40.11 UFC, 33.25 UFC de coliformes fecales y 6.85 UFC de *Escherichia coli* **Conclusiones:** del 100% de los pozos muestreados el 96.3% presentó contaminación independientemente a la distancia entre pozo y letrina, a la protección interna que tiene y profundidad del pozo, el factor predisponente para la presencia de dicha contaminación fue la inclinación propia del terreno con una mala ubicación de la letrina con respecto al pozo y la contaminación que provienen de letrinas aledañas de vecinos que se encuentran a menos de 15 metros. El tratamiento aplicado con Hipoclorito de Sodio al 0.5% (puriagua), fue efectivo en un 100% para eliminar la contaminación en su totalidad.

**Palabras clave:** coliformes totales, coliformes fecales, agua de pozo, fosa séptica, letrina.

## INTRODUCCIÓN

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

El peligro más común con relación al agua es la contaminación, directa o indirectamente, debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales. Diversos estudios internacionales y nacionales sobre el agua potable han demostrado que el déficit de cobertura y la mala calidad son la causa de muertes y enfermedades, siendo la población rural la más afectada.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad microbiológica (coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*) del agua de pozos del caserío el Guayabal, cantón San Antonio Chávez municipio y departamento de San Miguel y aplicar un tratamiento a el agua de los pozos contaminados con Puriagua (hipoclorito de sodio al 0.5) para eliminar la presencia de estos microorganismos. Debido a que; esta agua es utilizada por la mayoría de los habitantes de dicha comunidad para el desarrollo de diversas actividades tales como: consumo, preparación de alimentos y bebidas, limpieza e higiene personal, y en la mayoría de actividades domésticas habituales.

La importancia de conocer la calidad Bacteriológica del agua por medio de indicadores como son los coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de dichos pozos, es debido a que estas y otro tipo de bacterias son un potencial peligro para la población si estas están presentes en el agua, causando enfermedades como son diarreas, disentería y malestar general entre otros síntomas, que pueden producir una deshidratación severa lo que puede conducir a la muerte. Por lo tanto este vital liquido como es el agua tiene una importancia

directa en la salud de la población en general, principalmente en la población presente en el caserío el Guayabal.

También es de mucha importancia dar a conocer a los habitantes de dicho caserío la importancia que tiene tratar el agua con un método de desinfección, para poder evitar de esta manera el padecimiento de algún tipo de enfermedad a causa del consumo por agua contaminada. Así mismo, la investigación fue conveniente por que la comunidad no cuenta con un servicio de agua potable que abastezca a sus habitantes y por lo tanto nos permitió evaluar la calidad bacteriológica del agua contenida en los pozos.

El presente trabajo contiene los resultados de dicha investigación, para ello sea estructurado en seis capítulos que se describen a continuación:

El capítulo I: presenta el planteamiento del problema, donde se da a conocer la problemática, las razones y las estadísticas que llevaron a la razón de elaborar dicho trabajo de investigación, los cuales se enfatizan en conocer, en la gravedad de la contaminación que puede tener el agua, también se dan a conocer los antecedentes del fenómeno en estudio así como los enunciados de dicha problemática, también se da a conocer los objetivos que tendrá dicha investigación.

El capítulo II: el cual contiene el marco teórico que tiene la información teórica recopilada. Dentro del cual cabe mencionar las características del agua, como se obtiene este vital liquido y como se puede llegar a contaminar, de igual manera se describe la importancia que tiene establecer una distancia adecuada entre el pozo y la letrina el cual puede llegar hacer un factor de contaminación, descripción del tratamiento aplicado al agua en caso de contaminación y definición de términos básicos utilizados en la teoría.

El capítulo III: este comprende el sistema de hipótesis, que contiene la hipótesis de trabajo la cual fue aprobada, de igual manera contiene la operacionalización de las hipótesis en variables e indicadores.

El capítulo IV: explica el diseño metodológico en donde se define el tipo de investigación, el universo, la muestra, los criterios para establecer la muestra, tipo de muestreo, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas o métodos de laboratorio, el equipo, materiales, reactivos y el procedimiento de cómo se llevó a cabo.

Capítulo V: contiene el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio como de la guía de entrevista (guía de inspección higiénico-sanitaria de pozos y letrina). Los cuales se presentan en tablas con los resultados obtenidos y sus respectivas gráficas para una mayor comprensión estos resultados, Estos fueron obtenidos utilizando el programa SPSS, se explica la prueba de hipótesis la cual se comprobó estadística la cual fue aprobada.

El capítulo VI: plantea las conclusiones y recomendaciones elaboradas por el equipo investigador, después de realizar el análisis e interpretación de los datos obtenidos, los cuales contribuirán a mejorar la salud de los habitantes del caserío El Guayabal.

Por último se incluyen las referencias bibliográficas, lista de figuras y anexos para facilitar la interpretación del lector.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **1.1 ANTECEDENTES DEL FENÓMENO DE ESTUDIO.**

El crecimiento de la población a nivel mundial ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con el vertido de agua de desecho de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua. En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal.

El control de la calidad microbiológica del agua de consumo y de desecho, requiere de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos; los agentes involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde gastroenteritis simple hasta casos fatales de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea.

El agua es uno de los mejores regalos que la naturaleza le ha brindado a la humanidad, esencial y vital para la vida, la fuente de toda forma de vida, la sobrevivencia de una persona depende del agua, ya que nuestro organismo es 70% agua como también lo es el 70% de la tierra; el agua es el elemento más importante para la buena salud. Es necesario para todas las funciones del organismo: para la eliminación de los residuos, transporte de nutrientes, reparación de tejidos, mantenimiento de la temperatura corporal y demás funciones metabólicas.

El agua para el consumo humano. Debe de ser ingerida en cantidades normales sin que sea causa de enfermedad. Sus características son múltiples. Entre ellas:

- ✓ Calidad estética: color, olor, sabor, turbiedad, pH, alcalinidad entre otras.
- ✓ Calidad microbiológica: debe estar libre de organismos coliformes fecales.

- ✓ Calidad química: debe estar dentro de límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud para sustancias tóxicas y plaguicidas.

Pero en la actualidad es muy difícil lograr o conseguir estas características en el agua, ya que a través de la misma naturaleza o el hombre provoca la contaminación de la misma. Esta contaminación es producida a través de la introducción directa o indirecta en los mantos acuíferos de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas o microorganismos. Esto representa un peligro para la salud de los seres humanos ya que muchos de estos microorganismos causan daños a la salud de la población los cuales pueden ser a nivel de intestinos, piel, ojos, etc.

También puede existir la presencia de metales pesados (mercurio, cromo, cadmio, arsénico, plomo, cobre, zinc y níquel) y minerales (calcio, hierro, flúor, yodo, potasio, magnesio y sodio) varios de estos hacen que los seres que la consumen obtengan una sobredosis, y como consecuencia de ello ciertos órganos (riñones, vejiga, hígado, páncreas, corazón, estómago, etc.) pueden ser afectados ya sea a corto, mediano o largo plazo.

Estudios realizados en 80 pozos en la campiña de Córdoba España en el año 2009“se encontró que la contaminación de origen fecal en 45 pozos de cuales 35 pozos estudiados pueden ser considerados, según las normas de la Organización Mundial de la Salud. (OMS) 1972, como no potable, debido a que en ella se ha detectado contaminación por coliformes fecales, en un grado que ha oscilado entre 10 y más de 2.000 E. coli fecal/ 100 ml.”<sup>1</sup>

En la ciudad de Mérida, Yucatán, México en 2010 se analizaron 100 pozos de muestras (dos por domicilio). De éstas, 80 (95 por ciento) muestras no cumplieron con las normas microbiológicas. La calidad del agua distribuida es aceptable, excepto en la zona de influencia de la planta Mérida III, en donde se encontró contaminación con mesófilos aerobios en 21.7 por ciento de las muestras. “El agua intradomiciliaria mantiene la calidad y solamente en la zona de influencia de



la planta Mérida I se observó contaminación de probable origen fecal en 4.8 por ciento de las muestras”<sup>2</sup>

En el año de 2008 en Zacatepec, Morelos México se determinó que en 13 pozos analizados durante un año. “Todos los pozos presentaron contaminación por coliformes totales, uno de ellos con una media geométrica de 107 UFC/100 ml. En cambio, los coliformes fecales estuvieron ausentes en cuatro de los pozos, pero en uno se presentó contaminación alta con una media geométrica de 107 UFC/100 ml. El pozo más contaminado con bacterias fue el número 3 y la contaminación de coliformes totales y fecales más alta se presentó en los meses de abril y julio”<sup>3</sup>

Los recursos hídricos de El Salvador están severamente contaminados principalmente por la mano del hombre, ya que consciente o inconscientemente a través de las actividades que realizan (agricultura, industria, pesca, etc.) contaminan enormemente el agua haciendo que esta sea cada vez menos adecuada para el consumo humano. Otro factor es la total ausencia de tratamiento de aguas negras y desechos industriales.

Estudios realizados por la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES) y el Fondo de la iniciativa para las Américas (FIAES) en diferentes puntos a nivel nacional han documentado que la mayoría de ríos y otras fuentes de aguas subterráneas presentan “diferentes grados de contaminación, cuya contaminación microbiológica de tipo bacteriana son de origen de los desechos humanos y animales.

Lo que puede ser causante de enfermedades gastrointestinales que van desde una ligera gastroenteritis hasta caso graves de disentería, cólera o tifoidea. Debido a la gran cantidad de microorganismo patógeno que puede estar presente en el agua. En la cual se detectaron bacterias coliformes fecales y *Escherichia coli* en 61% y 52% de los casos analizados y se observó una mayor contaminación en los casos que las familias obtienen el agua de pozos (85% y 34%)”<sup>4</sup>

Un factor importante que influye en la contaminación de las aguas de pozos es la filtración a causa de letrinas o fosas sépticas. Esto debido a que algunos pozos no cumplen con las medidas mínimas como ocurre en el caso, cuando el pozo o la letrina se encuentran a menos de 20 metros de distancia entre sí.

Según un artículo publicado en la Prensa Gráfica de El Salvador el día 22 de marzo del 2013, Marco Fortín, presidente de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), afirmó que el líquido que suministra esa institución a la población “siempre ha sido de buena calidad” y para tranquilidad de todos, “materiales pesados no tenemos”.<sup>5</sup> Pero no toda la población tiene acceso a este vital líquido y al servicio que presta ANDA.

También manifestó que la institución logró una cobertura del 89.6 % de agua potable en el área urbana y peri urbana a escala nacional. Debido a que aún no se ha alcanzado una cobertura al 100% de la población en el Salvador, el sector rural recurre a la fabricación o elaboración de pozos artesanales para satisfacer sus propias necesidades tanto para su consumo o labores cotidianas. Sin saber los posibles riesgos de contaminación de origen fecal en el agua.

En la cual produce dos hechos notables desde un punto de vista sanitario: a) la incorporación de un gran número de microorganismos pertenecientes a la flora fecal, y b) la incorporación de materias orgánicas fecales. El primero de ellos justifica el empleo de indicadores microbiológicos mientras que la incorporación de materias fecales deberá condicionar el tipo de indicadores químicos.

En un artículo publicado el día 22 de marzo de 2013 por la Prensa Gráfica en “La Tirana” del Bajo Lempa, Usulután El Salvador, según palabras de la Directora del Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiable (CESTA) Silvia Quiora explico que se tomaron unas muestras del agua de los pozos para analizarlas. El cual los resultados obtenidos no fueron alentadores puesto que se encontró que tenían alta presencia de bacterias sobre todo coliformes (contenidas en heces humanas).

De lo cual se dedujo que el agua no tiene condiciones para el consumo y a pesar de eso la comunidad la estaba tomando.”<sup>6</sup>

En la zona oriental se han realizado diversos estudios sobre el agua lo que ha demostrado que el déficit de cobertura y la mala calidad son la causa de muertes y enfermedades, siendo la población rural la más afectada.

En el año 2011 se realizó un estudio para determinar la calidad del agua de pozo en la comunidad el tesoro 2 de San Miguel en la cual se encontró la presencia de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de Coliformes Totales con un 99.9 %, y Coliformes Fecales con un 100% en la mayoría de los pozos y la presencia de *Escherichia coli* solo se obtuvo en 6 pozos con un 77.7 % y en los 15 pozos restantes no se encontró dicha bacteria.”<sup>7</sup>

En otro estudio realizado en la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel. Cuyo estudio se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado, “seleccionando al azar 18 pozos de agua de un total de 288; los cuales fueron estudiados durante la época lluviosa (Julio) y época seca (Noviembre) del año 2011. Encontrándose que la tasa de contaminación son las aguas residuales y encharcamientos (72.72%)”.<sup>8</sup>

Tal es el caso del caserío El Guayabal cantón San Antonio Chávez de San Miguel (ver anexo), aquí las personas que residen en esta comunidad tienen que construir pozos artesanales y hacer uso de ellos por la falta del servicio de agua potable, el cual el agua extraída la utilizan para satisfacer sus necesidades domésticas y así como también para su consumo diario. Además recurren a la construcción de letrinas el cual a veces la ubicación de estas con respecto a los pozos favorece a la contaminación del agua, permitiendo así una contaminación directa en los pozos a través de los Mecanismos de Introducción y Propagación de la Contaminación en el Acuífero.

En antecedentes registrados en la Unidad Comunitaria de Salud Familiar El Zamorán municipio de San Miguel en el 2012 ubica dentro de las 10 primeras causas de consulta en niños menores de 5 años las enfermedades gastrointestinales de origen bacteriano y amibiasis intestinal en la posición número 4. Dicha población del caserío El Guayabal no recurre frecuentemente a la unidad de salud.

## 1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

De lo antes descrito se deriva el siguiente problema:

- ✓ ¿Está contaminada con coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* el agua de los pozos artesanales del caserío El Guayabal cantón San Antonio Chávez municipio y departamento de San Miguel de julio a septiembre del año 2013?
- ✓ ¿Será efectivo el tratamiento aplicado con puriagua (Hipoclorito de Sodio al 0.5%) a la aguas de los pozos que se encuentran contaminados?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Todo ser humano tiene derecho a tomar agua en condiciones limpia y de buena calidad que garantice la salud y el bienestar de la población que abscedé a este vital liquido por lo tanto de ser incolora, libre de microorganismo y componentes de origen químico que dañan la salud de la población que consume este líquido.

La contaminación del agua se puede dar de diferentes formas, la primera es la que incluye los contaminantes naturales y la otra forma es a través de los contaminantes generados por el hombre y por sus actividades.

La población del Caserío el Guayabal por ser parte de zona rural de San Miguel no posee un sistema de alcantarillados para aguas negras por lo que recurren a la fabricación de letrinas y fosas cercas de los pozos los cuales muchos de ellos están a corta distancia y con poca profundidad.

La distancia que debe existir entre el pozo y la letrina o fosa séptica es de por lo menos unos 15 a 30 metros como lo establece la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO).

Así mediante esta investigación se pretende determinar la presencia de coliformes totales, fecales y *Escherichia Coli* en el agua de los pozos favoreciendo de esta manera a la población del caserío El Guayabal cantón San Antonio Chávez para concientizarlos sobre el tipo de agua que están utilizando tanto para su consumo como para los usos domésticos, de acuerdo a los resultados obtenidos se recomendaran métodos para el tratamiento del agua para que esta se considere apta para el consumo humano.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Determinar la presencia de Coliformes Fecales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos artesanales del Caserío El Guayabal, Cantón San Antonio Chávez, municipio y departamento de San Miguel, antes y después del tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5%

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Cuantificar la presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli* en el agua de consumo de la comunidad método de placa 3M Petrifilm, antes y después del tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5%.
- Identificar el género y especie de los coliformes fecales que predomina en el agua, a través de pruebas bioquímicas.
- Verificar la efectividad del tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5%.
- Entregar los resultados de las pruebas antes y después del tratamiento a la población dueña de los pozos.

## **2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 EL AGUA.**

Líquido, casi incoloro e insípido, H<sub>2</sub>O esencial para la vida animal, vegetal y el más empleado disolvente. Punto de fusión 0°C (32°F), punto de ebullición 100°C (212°F). Gravedad específica 4°C 1.0000, peso por galón (15°C) 8.337 libras. Cualquiera de las diversas formas de agua como la lluvia. Cualquier cuerpo o depósito de agua como el mar un lago, un río o corriente. <sup>9</sup>

#### **2.1.1 GENERALIDADES DEL AGUA.**

El agua es esencial para el mantenimiento de todos los procesos biológicos, la calidad de vida de una sociedad, es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. Por lo tanto el ser humano no puede estar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida. El cuerpo humano tiene un 75 % de agua al nacer y cerca del 60 % en la edad adulta. Aproximadamente el 60 % de este agua se encuentra en el interior de las células (agua intracelular). El resto (agua extracelular) es la que circula en la sangre y baña los tejidos.

Esta sustancia además, le permite al hombre mantener sus pulmones húmedos, forma parte de las lágrimas y la saliva, y ayuda a la transpiración, simbolizando dos tercios del peso de su organismo. El agua es el componente que aparece con mayor abundancia en la superficie terrestre (cubre cerca del 71% de la corteza de la tierra). Forma los océanos, los ríos y las lluvias, además de ser parte constituyente de todos los organismos vivos. La circulación del agua en los ecosistemas se produce a través de un ciclo que consiste en la evaporación o transpiración. Se conoce como agua dulce al agua que contiene una cantidad mínima de sales disueltas (a diferencia del agua de mar, que es salada).

A través de un proceso de potabilización, el ser humano logra convertir el agua dulce en agua potable, es decir, apta para el consumo gracias al valor equilibrado de sus minerales.



El agua se mantiene en tres estados como líquido, gas o sólido sin embargo se limpia y renueva constantemente con la ayuda del sol, la tierra y el aire. La circulación constante del agua en la tierra es a lo que se le denomina ciclo hidrológico.<sup>10</sup>

### **2.1.2 CICLO HIDROLÓGICO.**

El ciclo hidrológico se podría definir como el proceso que describe la ubicación y el movimiento del agua en nuestro planeta. Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea. El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Este flujo de agua se produce por dos causas principales (ver anexo N° 6)

- ✓ La energía solar y
- ✓ La gravedad.

### **FASES DEL CICLO: <sup>11</sup>**

#### **✓ Evaporización:**

El ciclo se inicia sobre todo en las grandes superficies líquidas (lagos, mares y océanos) donde la radiación solar favorece que continuamente se forme vapor de agua. El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera, donde se enfría y se condensa formando nubes.

#### **✓ Precipitación:**

Cuando por condensación las partículas de agua que forman las nubes alcanzan un tamaño superior a 0,1 mm comienza a formarse gotas, gotas que caen por gravedad dando lugar a las precipitaciones (en forma de lluvia, granizo o nieve).

✓ **Retención:**

Pero no toda el agua que precipita llega a alcanzar la superficie del terreno. Una parte del agua de precipitación vuelve a evaporarse en su caída y otra parte es retenida (agua de intercepción por la vegetación, edificios, carreteras, etc., y luego se evapora. Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en charcas, lagos y embalses (almacenamiento superficial) volviendo una gran parte de nuevo a la atmósfera en forma de vapor.

✓ **Escorrentía superficial:**

Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos (escorrentía superficial). Esta agua que circula superficialmente irá a parar a lagos o al mar, donde una parte se evaporará y otra se infiltrará en el terreno.

✓ **Infiltración superficial:**

Pero también una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno (infiltración) a través de los poros y fisuras del suelo o las rocas, rellenando de agua el medio poroso.

✓ **Evapotranspiración:**

En casi todas las formaciones geológicas existe una parte superficial cuyos poros no están saturados en agua, que se denomina zona no saturada, y una parte inferior saturada en agua, y denominada zona saturada. Una buena parte del agua infiltrada nunca llega a la zona saturada sino que es interceptada en la zona no saturada.

En la zona no saturada una parte de esta agua se evapora y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, y otra parte, mucho más importante cuantitativamente, se consume en la transpiración de las plantas. Los fenómenos de evaporación y transpiración en la zona no saturada son difíciles de separar, y es por ello por lo que se utiliza el término evapotranspiración para englobar ambos términos.

✓ **Escorrentía subterránea.**

El agua que desciende, por gravedad-percolación y alcanza la zona saturada constituye la recarga de agua subterránea. El agua subterránea puede volver a la atmósfera por evapotranspiración cuando el nivel saturado queda próximo a la superficie del terreno. Otras veces, se produce la descarga de las aguas subterráneas, la cual pasará a engrosar el caudal de los ríos, rezumando directamente en el cauce o a través de manantiales, o descarga directamente en el mar, u otras grandes superficies de agua, cerrándose así el ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo pero irregular en el espacio y en el tiempo. Una gota de lluvia puede recorrer todo el ciclo o una parte de él. Cualquier acción del hombre en una parte del ciclo, alterará el ciclo entero para una determinada región. El hombre actúa introduciendo cambios importantes en el ciclo hidrológico de algunas regiones de manera progresiva al desecar zonas pantanosas, modificar el régimen de los ríos, construir embalses, etc. El ciclo hidrológico no sólo transfiere vapor de agua desde la superficie de la Tierra a la atmósfera sino que colabora a mantener la superficie de la Tierra más fría y la atmósfera más caliente.

Además juega un papel de vital importancia: permite dulcificar las temperaturas y precipitaciones de diferentes zonas del planeta, intercambiando calor y humedad entre puntos en ocasiones muy alejados. Las tasas de renovación del agua, o tiempo de residencia medio, en cada una de las fases del ciclo hidrológico no son iguales. Por ejemplo, el agua de los océanos se renueva lentamente, una vez cada 3.000 años, en cambio el vapor atmosférico lo hace rápidamente, cada 10 días aproximadamente.

### **2.1.3 ESTADOS DEL AGUA.**

✓ **Sólido:**

El agua en estado líquido, cuando se enfría y llega a los 0° C de temperatura, pasa a estado sólido. El agua en estado sólido la encontramos en forma de hielo y

nieve en las altas montañas, en el Polo Norte y en el Polo Sur, en las tormentas de granizo en forma de bolas de hielo, etc. El hielo y la nieve, cuando se calientan, cambian de estado sólido a líquido.

✓ **Líquido:**

El agua en estado líquido es la que bebemos, la que encontramos en los ríos, en los mares y océanos, en los lagos, en las fuentes, en los acuíferos (aguas subterráneas), etc.

✓ **Gaseoso:**

El agua en estado líquido, al calentarse, se evapora y pasa a estado gaseoso, o sea, se transforma en vapor de agua. El vapor de agua es un gas. El vapor de agua es incoloro e inodoro, por lo que no lo podemos ver. Las nubes que salen de una olla al hervir, vulgarmente llamado vapor, no son vapor de agua, sino minúsculas gotas de agua líquida que se producen cuando el vapor de agua se condensa al enfriarse.

#### **2.1.4 CALIDAD DEL AGUA.**

El término calidad del agua se refiere a la valoración que se le da a este líquido vital considerando sus propiedades físicas, químicas y biológicas que posee dicho elemento, el cual debe de mantenerse en rangos óptimos que no afecten la salud de los seres vivos y permitan su desarrollo, al igual para satisfacer los requerimientos de un determinado uso<sup>12</sup>.

Diversas actividades que el hombre realiza producen una degradación en la calidad del agua por ejemplo, las actividades agrícolas aportan al ambiente sustancias como productos de la fertilización agrícola y residuos provenientes de los plaguicidas; las aguas de desecho de establecimientos ganaderos o agroindustriales depositan importantes cargas orgánicas contaminantes; muchos vertidos de origen humano como aguas domésticas o de lavado también desembocan en quebradas que pertenecen a la red hídrica superficial del país.

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.

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

Los pozos tradicionales para recoger agua suelen emplazarse en el entorno de las casas, bien en el patio de la vivienda o en la zona común vecinal (plaza, encrucijada de calles o en un terreno aledaño), siempre y cuando se halle agua a un nivel moderadamente profundo. Dicha agua para poder acumularse en el fondo del pozo transcurre entre dos capas geológicas más o menos profundas a este proceso se le denomina percolación.

### **2.1.5 EFECTOS DEL CONSUMO DE AGUA SOBRE LA VIDA.**

Desde un punto de vista biológico, el agua tiene muchas propiedades diferentes que son críticas para la proliferación de la vida. Estas propiedades permiten a los compuestos orgánicos reaccionar de forma que, en último término, permiten su réplica. Todas las formas conocidas de vida dependen del agua.

El agua es vital como solvente, en el que muchos de los solutos del cuerpo se disuelven, y como parte esencial de muchos procesos metabólicos dentro del cuerpo. El metabolismo es el total de la suma de anabolismo y catabolismo. En el anabolismo, el agua se elimina de las moléculas (a través de la energía que requieren las reacciones químicas enzimáticas) a fin de construir moléculas más grandes (por ejemplo: almidón, triglicéridos y proteínas para el almacenaje de energía e información).

En el catabolismo, el agua se usa para romper enlaces a fin de generar moléculas más pequeñas (por ejemplo: glucosa, ácidos grasos y aminoácidos para usarlos como combustible u otros objetivos). El agua es así esencial y central en estos procesos metabólicos. Por tanto, sin el agua, estos procesos dejarían de existir.

El agua es también fundamental para la fotosíntesis y la respiración. Las células fotosintéticas usan la energía del sol para separar el hidrógeno del oxígeno. El hidrógeno se combina con  $\text{CO}_2$  (absorbido del aire o el agua) para formar oxígeno libre y glucosa. Todas las células vivas usan tales combustibles y oxidan el hidrógeno y el carbono para capturar la energía del sol, y formar agua y  $\text{CO}_2$  en el proceso (respiración celular).

También es central para la neutralidad ácido-base y la función enzimática. Un ácido, un ion de hidrógeno ( $\text{H}^+$ , es decir, un protón) donante, puede ser neutralizado por una base, un aceptor de protones como el ion hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), para formar agua. Se considera que el agua es neutra, con un pH de 7. Los ácidos tienen valores de pH menores de 7 mientras que las bases tienen valores mayores que 7.

Los organismos vivos están formados por importantes cantidades de agua; por ejemplo, la bacteria *Escherichia coli* contiene el 70% de agua, un cuerpo humano el 60-70%, una planta hasta el 90% y una medusa adulta un 94-98%.

## **2.2 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN EL AGUA.**

En estos parámetros físicos y químicos que según cada país tiene en su norma, la cantidad de sustancias presentes para considerarlas aptas para el consumo humano en el Salvador, se describen a continuación en las siguientes tablas:<sup>14</sup>

**Tabla 1: Límites permisibles de características físicas y orgánicas.**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Color verdadero	(Pt-Co)	15
Olor	-	No Rechazable
PH	-	8.5 <sup>1)</sup>
Sabor	-	No Rechazable
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000 <sup>2)</sup>
Turbidez	UNT	5 <sup>3)</sup>
Temperatura	°C	No Rechazable

**Fuente:** Norma Salvadoreña Obligatoria.

<sup>1)</sup> Límite Mínimo Permisible 6.0 Unidades.

<sup>2)</sup> Por las condiciones propias del país.

<sup>3)</sup> Para el agua tratada en la salida de planta de tratamiento de aguas superficiales, el Límite Máximo permisible es 1.

**Tabla 2: Valores para sustancias químicas.**

<b>PARAMETRO</b>	<b>LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (mg/l)</b>
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Cobre	1.3
Dureza Total como (CaCO <sub>3</sub> )	500
Fluoruros	1.00
Plata	0.07
Sodio	200.00
Sulfatos	400.00
Zinc	5.00
Hierro Total	0.3 <sup>1)</sup>
Manganeso	0.1 <sup>1)</sup>

**Fuente:** Norma Salvadoreña Obligatoria.

<sup>1)</sup> Cuando los valores de hierro y manganeso superen el límite máximo permisible establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables de 2,0 mg/l para el hierro y de 0,5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar los problemas estéticos de color, turbidez y sabor que se generan.



**Tabla 3: Valores para sustancias químicas de tipo inorgánicas de alto riesgo para la salud.**

<b>PARAMETRO</b>	<b>LIMITE MAXIMO PERMISIBLE <sup>1)</sup> mg/l</b>
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>1)</sup>	45.00
Nitrito (Medido como Nitrógeno) <sup>1)</sup>	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

**Fuente:** Norma Salvadoreña Obligatoria.

<sup>1)</sup> Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo Límite Máximo Permisible no debe superar la unidad.

**Tabla 4: Valores para sustancias químicas orgánicas de riesgo para la salud.**

<b>PARAMETRO</b>	<b>LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (µg/litro)</b>
Aceites y grasa	Ausencia
Benceno	10
Tetracloruro de carbono	4
2 etilexil eftalato	8
1,2- diclorobenceno	1000
1,4 –diclorobenceno	300
1,2-dicloroetano	4
1,1 Dicloroetano	30
1,2 Dicloroetano	50
Diclorometano	20
1,4 Dioxano	50
Ácido edético (EDTA)	600
Etilbenzeno	300
Hexaclorobutadieno	0.6
Acido Nitrilo Triacético (NTA)	200
Pentaclorofenol	9
Estireno	20
Tetracloroetano	40
Tolueno	700
Tricloroetano	70
Xilenos	500

**Fuente:** Norma Salvadoreña Obligatoria.

### **2.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL AGUA.**

Estos parámetros son indicativos de la contaminación orgánica y biológica; tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos, detergentes, etc. Este tipo de contaminación es más difícil de controlar que la química o física y además los tratamientos deben estar regulándose constantemente.<sup>15</sup>

### **2.4 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA.**

La calidad del agua ha mejorado significativamente a través de los años a causa de mejores evaluaciones de aguas residuales, protección de aguas medioambientales y subterráneas y a veces en el desarrollo, protección y tratamiento de los suministros de agua. No obstante estas mejoras se encuentran amenazadas por las presiones de una población creciente y una infraestructura trabajada y envejecida.<sup>16</sup>

A pesar del control y prevención que se persigue, en muchos países se reportan aguas contaminadas con coliformes, lo que hace que la calidad del agua no sea la deseada. Si bien muchos países tienen agua en grandes cantidades, el aumento poblacional, la contaminación de las industrias, el uso excesivo de agroquímicos, la falta de tratamiento de aguas negras y la erosión de suelos por la deforestación hacen que ese recurso sea escaso y a menudo la causa de enfermedades de origen hídrico. Sin embargo la gran mayoría de enfermedades hídricas no son comunicadas. Se han implicado un número de microorganismos en las enfermedades de origen hídrico, incluyendo protozoarios, virus y bacterias.

Las enfermedades hídricas es normalmente aguda (de brusca aparición y desenlace, generalmente en un corto periodo de tiempo sobre las personas saludables) y la mayoría está caracterizada por síntomas gastrointestinales (diarreas, fatiga, calambres y dolores abdominales) el tiempo entre la exposición a un agente patógeno y el brote de enfermedad puede variar desde dos días al

menos (virus de Norwalk, *Salmonella* y *Shigella*) aún más semanas (virus de Hepatitis A, *Giardia*, *Cryptosporidium*) la severidad y duración de la enfermedad es mayor en aquellos que tienen un sistema inmunitario debilitado.

Estos organismos pueden producir los mismos síntomas gastrointestinales por otras vías distintas del agua. El agua pura es un recurso renovable. Sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva y de calidad deficiente para su uso.

Se considera que el número de microorganismos portadores de enfermedades en el agua es proporcional al número total de microorganismos y que una cantidad total baja representa un menor riesgo sanitario. Sin embargo, se han dado casos en que enfermedades virales han sido transmitidas por aguas que cumplen estrictamente con las normas de control de bacterias. Estos organismos pueden producir los mismos síntomas gastrointestinales por otras vías distintas al agua (alimentos y contacto directo fecales u orina). El agente causante no se identifica en casi un 50% en los brotes de enfermedades hídricas. Entre los múltiples casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad microbiológica del agua para consumo humano se destacan los brotes por *Cryptosporidium* vinculados a defectos del tratamiento y por *Escherichia coli* entre otros.

La contaminación fecal del agua para consumo humano puede incorporar una gran cantidad de microorganismos patógenos intestinales. Si bien existe un número basto de organismos microbiológicos, que van desde los nematodos hasta los protozoarios, desde las bacterias hasta los virus, y dado que sería casi imposible controlar todos, normal mente se seleccionan uno o dos “indicadores”. Estos indicadores tienen características tales que su presencia implica una probabilidad muy alta de que otros microorganismos estén presentes, mientras que su ausencia es una evidencia de la seguridad microbiológica del agua sometida a prueba.

Las guías microbiológicas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) han sido adoptadas en todo el mundo. Estas recomiendan como indicadores de la calidad microbiológica los siguientes parámetros: *Escherichia coli* o bacterias coliformes (fecales) termo tolerables: No se deben de detectar en ninguna muestra de 100 ml de agua destinada para el consumo humano. Bacterias coliformes totales: No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml de agua tratada, puede darse una tolerancia hasta de 5% para la ocurrencia ocasional de organismos coliformes en muestras del sistema de distribución tomadas en un periodo de 12 meses, siempre que no haya presencia de *Escherichia coli*.

## **2.5 DESCRIPCION DE LOS ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

### **✓ Abastecimiento de agua subterránea o acuíferos confinados.**

Se forma cuando el agua se infiltra entre pacas permeables, se encuentra bajo el suelo entre grietas y espacios que hay en la tierra, incluyendo arenas y piedras. El área en que se acumula el agua en las grietas se llama zona saturada, la parte de arriba de esta área se conoce como nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a un pie del suelo o como asientos de pie bajo la superficie.<sup>17</sup>

### **✓ Abastecimiento de agua superficial o acuíferos libres.**

Estas consideradas como fuentes de agua cruda. Para el hombre estas fuentes son: Ríos, Quebradas, pozas de aguas, manantiales, tanques, colectores de agua lluvia, chorros públicos o chorros domiciliarios.<sup>18</sup>

### **2.5.1 TIPOS DE POZOS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

Los pozos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el método de construcción.<sup>19</sup>

#### **✓ Pozo excavado o artesanal.**

Aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena. Son de poca profundidad y se usan donde

el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

✓ **Pozo taladrado.**

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

✓ **Pozo a chorro.**

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

✓ **Pozo clavado.**

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

✓ **Pozo perforado.**

La excavación se hace mediante sistemas de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar. Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares, que pueden ser, la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de almacenamiento, facilidad de penetración o facilidad de protección contra la contaminación.

## **2.6 LETRINAS O FOSAS SEPTICAS.**

Una letrina sanitaria. Es un sistema apropiado e higiénico, donde se depositan los excrementos humanos que contribuye a evitar la contaminación del ambiente

La correcta disposición de las excretas es fundamental para preservar la salud de las comunidades rurales y urbanas. Mientras en las ciudades la solución ideal es la recolección de las aguas negras o servidas por medio de una red de alcantarillado y el posterior tratamiento en plantas de tratamiento de aguas servidas, en las áreas rurales, con poca densidad de población, la solución técnica y económicamente más viable es la letrina.

### **2.6.1 TIPOS DE LETRINAS.**

La falta de recursos económicos en nuestro país especialmente en la zona rural hace que la población construya letrinas inadecuadas, lo que conlleva a ser esta una vía por medio de la cual se podrían contraer algunas enfermedades si no se tienen las medidas de sanitización adecuadas para que se propague. A continuación se describen los tipos de letrinas o fosas sépticas que comúnmente la gente construye en sus hogares:

✓ **Letrina de hoyo seco:**

Esta letrina es la más común. Se trata simplemente de un hoyo en el terreno cubierto con una plancha de cemento o madera en la que se ha practicado un agujero sobre el que eventualmente se puede colocar una taza.

✓ **Letrina abonera:**

La letrina abonera, también llamada LASF, (Letrina Abonera Seca Familiar), transforma los excrementos sólidos en abono o tierra mejorada que puede ser utilizada en la quinta familiar sin peligro para la salud. Consta de dos cámaras independientes situadas por encima del nivel del terreno. Las cámaras se construyen sobre una basa de cemento de 5 cm de espesor, con una malla de hierro, que la aísla totalmente del terreno. Internamente las cámaras están impermeabilizadas con mortero de cemento. Las cámaras se sellan en la parte superior con una losa de cemento reforzada con hierro. Esta losa superior tiene un

orificio que comunica con cada una de las cámaras, donde se colocan las tazas especiales.

Se utiliza alternadamente cada una de las cámaras por un tiempo aproximado de 6 meses, tiempo necesario para que la cámara llena, que ha sido sellada con un plástico, procese naturalmente el material defecado mezclado con papel y ceniza o cal. Una vez transcurrido este tiempo se puede retirar de la cámara, quitando algunos ladrillos que han sido dispuestos para este fin. El material que presenta una apariencia terrosa, sin olor y completamente seco puede ser utilizado como abono.

✓ **Letrina abonera de secado solar:**

Se trata de una modificación de la letrina abonera descrita arriba. Consta de una sola cámara, que ha sido prolongada unos 60 cm fuera de la caseta. La tapa de esta prolongación se cubre con una lámina metálica pintada de negro que calienta el material en la cámara y acelera su secado. Quincenalmente se levanta la tapa metálica, y con un azadón se arrastra el excremento sólido mezclado con papel y ceniza o cal, para situarlo debajo de la plancha metálica. Es aconsejable colocar una chimenea de aireación que termine por encima del techo de la caseta. El tubo de aireación no debe permitir la entrada de agua de lluvia y debe estar provisto de una rejilla para no permitir la salida de las moscas, que naturalmente buscan la luz.

✓ **Letrina de cierre hidráulico:**

Este tipo de soluciones, también conocido como inodoro (sanitario), sólo se recomienda en lugares donde la disponibilidad de agua no es un problema, el nivel freático es profundo y la filtración del terreno es media. Lo ideal es que estas letrinas dispongan de una cámara séptica dividida en dos partes, una impermeable donde permanecen los sólidos, que periódicamente deben ser retirados por medio de bombas especiales denominadas barométricas; y una cámara filtrante donde los líquidos percolan en el terreno sin causar contaminación.



✓ **Letrina con arrastre hidráulico:**

Se caracteriza por contar con un sifón, que actúa como cierre hidráulico e impide el paso de insectos y olores desagradables del pozo séptico al interior de la caseta y necesita de 2 a 4 litros de agua para el arrastre. El pozo séptico y la letrina están conectados por una tubería de longitud variable de 3 a 5 metros. La losa o inodoro queda instalado en el suelo de la caseta y puede ser construida en el interior de la casa.

## **2.7 MECANISMOS DE INTRODUCCIÓN Y PROPAGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL ACUÍFERO.**

Los principales mecanismos de llegada de contaminantes son los de propagación a partir de la superficie, que incluyen los casos de arrastre de contaminantes desde la superficie del terreno por las aguas de infiltración vertidos sobre: el terreno, uso de fertilizantes, relleno sanitario (letrina) y los de infiltración de aguas superficiales contaminadas desde ríos, acequias, etc., Provocados por la acción humana.

Al igual que en el caso del agua y del aire, la contaminación de los suelos la causan todos aquellos compuestos que no forman parte de su composición normal. Los sistemas de aguas residenciales puede ser una fuente de gran cantidad de contaminantes como bacterias, virus, nitratos, materia orgánica y residuos humanos.

Los pozos o fosa séptica utilizado para disposición de aguas residuales domesticas (sistemas sépticos, letrinas, pozos de drenaje para la recogida de aguas de lluvia, pozos de recarga de aguas subterránea) son de una preocupación particular para la calidad de las aguas subterráneas si se localizan cerca de los pozos que alimentan las aguas de uso para beber. Ya que las letrinas o fosas sépticas son los lugares donde se acumulan los desechos de la población, que al descomponerse los desechos, generalmente se filtran en el suelo y contaminan las aguas subterráneas.

### **2.7.1 TRANSPORTE DE SOLUTOS EN EL ACUÍFERO.**

Las sustancias disueltas, contaminantes o no, una vez incorporadas al sistema de flujo del acuífero, pueden ser transportadas bien por el propio movimiento del agua o bien por difusión molecular, o por ambos medios simultáneamente. En la difusión no se produce movimiento de solutos a través del movimiento del agua. El movimiento es debido sólo a la existencia de un gradiente de concentración, no hidráulico. Su efecto es la tendencia a la igualación de concentración en cualquier parte del sistema. Los procesos combinados de dispersión y difusión, además de la dilución de las sustancias disueltas, provocan la formación de un penacho de contaminación cuya forma, extensión y velocidad de propagación dependen tanto de las características del medio como de la sustancia que se propaga y de las características del foco emisor.

### **2.8 LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES.**

Es una cuestión seria, en particular en las áreas donde los acuíferos proporcionan una gran parte del suministro de agua. Un origen común de la contaminación del agua subterránea son las aguas fecales. Entre sus fuentes se cuentan un número creciente de fosas sépticas, así como sistemas de alcantarillado inadecuado o roto y los desechos de las granjas. La gestión de la calidad del agua rural es un reto significativo, debido a la naturaleza específica del lugar y los recursos financieros y humanos disponibles, normalmente inadecuados, para tratar los problemas.

El problema más recientemente detectado de los pozos rurales es la incidencia de bacterias coliformes totales positivas. Los estudios estadísticamente significativos, a lo largo de los años, han demostrado que un número significativo de pozos muestreados dan positivo para bacterias coliformes totales. La calidad del agua subterránea refleja las acciones físicas, químicas y biológicas interaccionando con el agua. Como parte del ciclo hidrológico, el agua cae con

precipitación y está influenciada por la tierra y organismos en o cerca de la superficie. Como el agua subterránea en la zona saturada, está afectada por la naturaleza de las formaciones (incluso por su ecología microbiana) en el que el agua se ha acumulado o almacenado.

La influencia de la formación del acuífero depende de cuanto ha permanecido el agua en el acuífero o almacenado. El movimiento del agua subterránea es relativamente lento, el agua se mueve en estrecho contacto con los minerales que se forman y contribuyen las partículas incluso microorganismos. Según la Organización mundial para la Salud (OPS) se establece que hay que conservar una distancia mínima de 15 a 30 metros, entre el pozo y la letrina (fosa séptica) para evitar la contaminación, por filtración o percolación de los microorganismos al agua contenida en el pozo. (Ver Fig. N° 2).

## **2.9 FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA CONTAMINACION DEL AGUA.**

Los compuestos orgánicos en el agua derivan de tres fuentes principales: (1) la desagregación de materiales orgánicos que tienen lugar de modo natural; (2) las actividades domésticas y comerciales; y (3) las reacciones que tienen lugar durante el tratamiento y transición del agua. Los aditivos del tratamiento pueden añadir pequeñas cantidades de contaminantes orgánicos. La contaminación del agua es parte de la contaminación ambiental en general, la cual cuenta con factores que provocan en aumento de esta a nivel mundial. Los hogares domésticos, las industrias y prácticas agrícolas que producen las aguas residuales pueden causar la contaminación de numerosos lagos y ríos. Las aguas residuales a menudo contiene heces, orina y residuos de lavandería. Hay miles de millones de personas en la Tierra, por lo que el tratamiento de aguas residuales es una gran prioridad.

Las aguas residuales en los países desarrollados se llevan fuera de la casa rápidamente y en condiciones higiénicas a través de tuberías. Las aguas residuales son tratadas en plantas de tratamiento de agua y los residuos se

eliminan a menudo en el mar. Las aguas subterráneas y superficiales del Salvador, se encuentran altamente contaminada debido a los siguientes factores:

20

- ✓ Falta de tratamiento de las aguas negras domésticas, desechos industriales los cuales son descartados directamente a los ríos.
- ✓ Uso incontrolado de productos químicos tales como fertilizantes y pesticidas en la agricultura.
- ✓ Desechos provenientes de plantas procesadoras de productos agrícolas, tales como: Café, caña de Azúcar Henequén y otros.
- ✓ Deposición de desechos (basuras), en sitios inadecuados los cuales al ser arrastrado por la lluvia se integran en estado de descomposición a los cuerpos de agua naturales.
- ✓ La mala ubicación de letrinas y fosa sépticas con respecto a los pozos.(Según la organización mundial de la salud la distancia requerida entre el pozo y la letrina de ser de 15 metros para evitar filtraciones)
- ✓ Mala ubicación o construcción de corrales abiertos en las zonas rurales, lo que provoca la contaminación de las aguas de los pozos debido a que hay una infiltración de químicos, detritos y estiércol hacia la fuente subterránea.

Las anteriores fuentes de contaminación modifican la calidad física, química y biológica de las aguas superficiales llegando a tal grado que afecta hasta los mantos de aguas subterráneas, Los efectos de estas fuentes de contaminación pueden reducirse en gran medida mediante, medidas de protección de los acuíferos, y la construcción y diseño correctos de pozos con respecto a la distancia de la fosa séptica. (Ver Fig. N° 1).

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

Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que las enfermedades transmitidas

por el agua se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral). Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición.

### **2.10.1 BACTERIAS.**

Las bacterias son microorganismos unicelulares que poseen un núcleo no bien definido y se reproducen por división binaria. Las bacterias muestran, casi todas las variantes posibles de su forma desde la esfera simple o cilindro muy alargado, fibras ramificadas. Algunas bacterias acuáticas son heterotróficas, y son fuentes de carbono orgánico para su desarrollo y energía, mientras algunas otras son autotróficas y utilizan dióxido de carbono o ion bicarbonato para su crecimiento y energía.<sup>21</sup>

Casi todas las bacterias patógenas de origen hídrico son heterotróficas, las bacterias pueden ser también aerobias (las que usan el oxígeno) anaerobias (que no pueden utilizar el oxígeno) o facultativas (pueden crecer en presencia o ausencia de oxígeno). Tradicionalmente todos los términos del esquema latinizado para clasificar las bacterias se han escrito en cursivas o subrayados, y se utilizan terminaciones estandarizadas para diversos grupos. Las bacterias se clasifican por reinos, clase, orden, familia, tribu, y un término binomial específico para género y especie.

El nombre genérico se pone con mayúscula y la especie con minúscula. La forma de las bacterias es muy variada y en muchas ocasiones, una misma especie adopta distintos tipos morfológicos, lo que se conoce como pleomorfismo. De todas formas, podemos distinguir tres tipos fundamentales de bacterias:<sup>22</sup>

**1. Coco:** de forma esférica, éstos a su vez se agrupan de distintas formas así:

- ✓ **Diplococo:** cocos en grupos de dos.
- ✓ **Streptococos:** cocos en cadenas.

- ✓ **Estafilococos:** cocos en agrupaciones irregulares o en racimo.

**2. Bacilo:** en forma de bastoncillo.

**3. Formas helicoidales:** las cuales pueden ser:

- ✓ **Vibrio:** ligeramente curvados y en forma de coma.
- ✓ **Espirilo:** en forma helicoidal rígida o en forma de tirabuzón.
- ✓ **Espiroqueta:** en forma de tirabuzón (helicoidal flexible).

#### **2.10.2 MICROORGANISMOS INDICADORES.**

Sería difícil monitorizar rutinaria mente los patógenos del agua. Aislar e identificar cada patógeno esto más allá de la capacidad de la mayoría de los laboratorios de las instalaciones. También hay que considerar que el número de patógenos relativo a otros microorganismos del agua puede ser muy pequeño, requiriendo así gran volumen de muestra. Por estas razones, los organismos subrogados se utilizan normalmente como un indicador de la calidad del agua. Un indicador ideal debería de cumplir los siguientes criterios generales:

- ✓ Debería estar presente cuando el organismo patógeno concernido está presente y ausente en el agua limpia y no contaminada.
- ✓ Debería estar presente abundante en el material fecal. Debería responder a las condiciones naturales ambientales y a los procesos de tratamiento, de un modo similar a los patógenos de interés.
- ✓ Debe de detectarse fácilmente por test sencillos y baratos de laboratorio lo más rápidamente posible, con resultados precisos.
- ✓ Debería tener una relación elevada de indicador/patógeno.
- ✓ Debería ser estable y no patógeno
- ✓ Debería ser adecuado a todos los tipos de agua potable.

### **2.10.3 GRUPO COLIFORME FECAL (TERMOTOLERANTES).**

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

La familia Enterobacteriaceae es el grupo más grande y heterogéneo de bacilos Gram negativos con importancia clínica. Particularmente la presencia de *Escherichia coli* en el agua determina que esta se encuentra contaminada; debido a que es habitante normal del intestino grueso de hombres y animales de sangre caliente, y en consecuencia siempre están en las materias fecales.<sup>23</sup> Ya que *E. coli* es el mejor indicador de origen fecal según el ministerio de salud y asistencia social. Pero también están ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal, sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

### **2.10.4 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL USO DE AGUA CONTAMINADA CON COLIFORMES FECALES Y *E. COLI*.**

La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos.<sup>13</sup> Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Dado que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se trata adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador.

Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando con tenga un pequeño número de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera (diarrea), fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades.

El agua y alimentos contaminados tienen una gran importancia en la transmisión de patógenos causantes del síndrome diarreico, por lo que se hace necesario tener estrategias que permitan un manejo adecuado de ella. La Organización Mundial para la Salud. (OMS) calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización.

No todas las personas tienden a enfermarse ya que cada organismo reacciona de manera diferente a la exposición de los contaminantes en el agua, es decir, no necesariamente el exponerse al agua contaminada va a resultar en una enfermedad. Los que están en riesgo son los jóvenes, los ancianos y personas con un sistema inmunológico débil.

Además el uso de esta agua contaminada para el lavado de utensilios (tenedores, cucharas, cuchillos, platos, etc.) pudiera ocasionar que exista una contaminación indirecta, ya que al dejarlos escurrir en el lavamanos las bacterias quedan adheridas en la superficie de ellos, lo cual al ser utilizados el día siguiente ocasionaría que de manera involuntaria se consuman.( ver anexo 18) Por el contrario se sabe que la mayoría de bacterias son sensibles a los rayos ultravioleta que emite el sol, lo cual nos lleva a concluir que si estos utensilios son secados en presencia de estos rayos, podría eliminarse la presencia de cualquier microorganismo patógeno o no para el cuerpo humano al momento de la utilización de estos utensilios.



### **2.10.5 BACTERIAS COLIFORMES TOTALES.**

El grupo de bacteria coliformes totales es el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de la calidad sanitaria de la misma. Así que los coliformes totales son la sumatoria de los coliformes fecales, *Escherichia coli*.

### **2.10.6 BACTERIAS TRANSMITIDAS POR EL AGUA.**

#### ***Escherichia coli*.**

Generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Aproximadamente 11 de los más de 140 serotipos existentes de *E. coli*, producen enfermedades gastrointestinales en el hombre uno de estos serotipos él *E. coli* O157:H7 es una de las principales sangrante en niños.<sup>25</sup>

El hombre adulto normal elimina diario, en las heces, unos 100,000 millones de organismos *Escherichia coli*, junto con números menores de bacilos Gram negativos de la familia Entorabacteriaceae. Los miembros de esta familia estas dispersos en la naturaleza, y van desde paracitos obligados a saprofitos con poco potencial parasitario. Esta familia incluye los géneros, *Salmonella*, *Shigella*, y *Yersinia*, cuyos miembros suelen ser patógenos. *Escherichia coli* y algunos de sus parientes cercanos suelen denominarse “coliformes” por qué son habitantes habituales del tubo intestinal. El prototipo especie de los coliformes, *E. coli*, tal vez ha sido el más estudiado que ningún otro microbio. Es importante como indicador biológico de contaminación fecal en abastecimientos de agua, por que abunda en heces, persiste en medios externos y es fácil de descubrir.

Otras muy patógenas que se difunden por contaminación fecal, como *Salmonella typhi*, son menos durables en ambientes externos. Si se bebe agua

contaminada por *Escherichia coli* se considera poco segura por el peligro potencial de la presencia de otros patógenos entéricos. Los procesos ambientales y de desinfección del agua son efectivas para controlar a *E. coli*, el cual su presencia es una indicación de contaminación fecal en el agua.

### **Modo de transmisión**

A pesar de que *Escherichia coli* es miembro de la flora normal y no es muy patógeno, tiene gran importancia médica por la frecuencia y la naturaleza grave de las infecciones que provocan. El organismo vive en el colon sin provocar trastorno manifiesto, sin embargo dado su presencia en las heces, con frecuencia alcanza y afecta otras áreas del cuerpo, en especial vías urinarias y peritoneo.

La transmisión de la mayoría de las cepas de *Escherichia coli* asociadas con diarrea proviene de alimentos o agua contaminados con heces humanas, de animales o de individuos infectados sintomáticos o portadores, esto ocurre principalmente en la zona rural donde no cuentan con un servicio de aguas negras sino que poseen sistemas de letrinas que ponen en contacto directo las heces con las fuentes de agua (ríos, lagos, quebradas, pozos, etc.).

También se puede transmitir por carne de vaca mal cocida, frutos contaminados, leche no pasteurizada y una amplia variedad de vehículos contaminados con heces bovinas. El contacto con animales y su medio, y la propagación fecal-oral o por fómites, son otros modos de transmisión. El período de incubación de la mayoría de las cepas de *Escherichia coli* es de 10 horas a 6 días.

### **Mecanismos patógenos.**

Diversos estudios sobre patogenia de diarrea y colitis, provocados por *Escherichia coli*, han permitido llegar a la conclusión que este germen puede provocar enfermedad intestinal por lo menos en virtud de dos mecanismos diferentes. Estas dos categorías generales son las adhesinas y exotoxinas.

### **Adhesinas:**

*Escherichia coli* es capaz de permanecer en el aparato digestivo como consecuencia de su capacidad de adherencia a las células en éstas localizaciones para evitar ser eliminado por el efecto de arrastre de la motilidad intestinal.

### **Exotoxinas:**

*Escherichia coli* produce también varias exotoxinas, éstas incluyen las toxinas Shiga, toxinas termoestables y toxinas termolábiles. Las cepas de *Escherichia coli* que provocan diarrea aguada o gastroenteritis son:

- ✓ *Escherichia coli* enteropatógena (ECEP).
- ✓ *Escherichia coli* enterotoxígena (ECET).
- ✓ *Escherichia coli* enterohemorrágica (ECEH).
- ✓ *Escherichia coli* enteroinvasiva (ECEI).
- ✓ *Escherichia coli* enteroagregativa (ECEA).

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

Existen más de 2,200 genotipos conocidos de *salmonella* y todos son patógenos para el hombre. La mayoría produce enfermedades gastrointestinales (por ejemplo; Diarreas); sin embargo unos pocos pueden causar otros tipos de enfermedades como tifoidea (*S. typhi*). Y fiebre paratifoideas (*S. paratyphi*). Estas dos últimas especies afectan solo al hombre las otras son portadas por ambos, hombres y animales.<sup>26</sup>La fiebre tifoidea es la más grave de las diversas de las diversas infecciones causadas por salmonella y en siglos pasados fue una de las más frecuentes enfermedades de origen hídrico. Aun cuando la fiebre tifoidea y el tifus tienen síntomas similares, Schoenlein (1839) los reconoció como trastornos diferentes. William Budd (1856-1873) observó la contagiosidad de la fiebre tifoidea y señaló que el modo de difusión era sobre todo por ingestión de leche, alimentos y agua contaminados con las heces de pacientes con tifoidea.

En estructura física y química las salmonellas son similares a *Escherichia coli*. La mayor parte es móvil, pero a diferencia de *E. coli* la mayoría no fermenta la lactosa. Sus antígenos termostables somáticos (O) y termolábiles flagelar (H) se parecen a los de otras membranas de la familia Enterobacteriaceae.

### ***Shigella spp.***

Existen cuatro especies principales en este género: *Shigella sonnei*, *S. flexneri*, *S. boydii* y *S. dysenteriae*. Afecta al hombre y a los primates y origina disentería vacilar. *S. sonnei* causa la mayoría de las infecciones de origen hídrico aunque los cuatro subgrupos han sido aislados durante los diferentes brotes de enfermedad.<sup>27</sup> La shigelosis de origen hídrico es la mayoría de las veces el resultado de la contaminación de una fuente identificable, como un pozo inadecuadamente desinfectado. La supervivencia de la *shigella* en el agua y su respuesta al tratamiento del agua es similar a la bacteria coliforme.

Los miembros del género *Shigella spp* pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. Todos son parásitos de los intestinos de sus huéspedes naturales, los primates. Las Shigelas virulentas producen disentería bacilar en el hombre y los monos superiores. Los organismos son eliminados con las heces, y la enfermedad se transmite por ella en forma directa. En el hombre, la disentería bacilar es muy contagiosa y tiende a presentarse en forma epidémica al disminuir el rigor de la higiene personal y de la sanidad.

### ***Yersinia enterocolitica:***

La *Yersinia enterocolitica* puede producir enfermedades gastrointestinales agudas y es portada por el hombre, cerdos y gran variedad de animales este organismo es común en aguas de superficie y ha sido aislado ocasionalmente del agua subterránea y del agua potable. La *Yersinia spp* puede crecer en temperaturas tan bajas como 4 °C (39 °F), y ha sido aislada en aguas superficiales no tratadas más frecuentemente durante los meses más fríos. El cloro es efectivo contra este organismo.<sup>28</sup> El género *Yersinia spp*, la de familia Enterobacteriaceae

comprende tres especies, *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis* e *Y. enterocolitica*. *Yersinia pseudotuberculosis* y *Yersinia enterocolitica*, a diferencia de *Y. pestis*, son móviles cuando crecen entre 22° y 25°C. Ambos organismos se caracterizan y también se distinguen de *Y. pestis* por la producción de ureasa. El medio principal de transmisión es la difusión fecal – oral y al ingerir agua contaminada de estas dos especies, ambos organismos tienen importancia clínica como fuentes de enfermedad gastrointestinal. Infecciones del intestino delgado pueden originar úlceras de la mucosa intestinal, en el área de ganglios linfáticos mesentéricos; y el resultado puede ser pérdida de sangre y líquido, la diarrea y la participación de ganglios linfáticos son señales típicas de la enfermedad.

### ***Campilobacter jejuni*.**

*C. jejuni* puede infectar al hombre y gran variedad de animales es la causa bacteriana más común de enfermedad gastrointestinal que requiere hospitalización. Y una causa principal de enfermedad de origen alimentario. El hábitat natural es el tracto intestinal de animales de sangre caliente y *Campilobacter spp* es común en aguas residuales y aguas superficiales.

Las pruebas de laboratorio indican que la cloración convencional debería controlar al microorganismo. <sup>29</sup> Las especies de este género, señalan como patógenos humanos, incluyen *C. jejuni*, *C. fetus*, *C. coli* y *C. laridis*. *Campilobacter jejuni* es el que ha despertado mayor atención y ahora se reconoce como un patógeno entérico importante del hombre. *C. jejuni*, agente productor de infecciones entéricas a todas las edades, causa enteritis con fiebre, diarrea, dolor abdominal, heces sanguinolentas, cefalea y a veces vomito. El origen de la infección humana suele ser alimento de origen animal, en especial leche cruda no pasteurizada o agua contaminada. Los gérmenes se eliminan con las heces de animales domésticos en apariencia sanos.

### **2.10.7 BACTERIAS PATOGENAS OPORTUNISTAS EN CONTRADAS EN EL AGUA.**

Las bacterias patógenas oportunistas comprenden un grupo heterogéneo de bacterias, que si no siempre, producen enfermedad en la gente, pero que pueden, a menudo, causar severas enfermedades en recién nacidos pacientes con Síndrome de Inmunodeficiencia Humano (SIDA) de avanzada edad e individuos con sistemas inmunitarios debilitados.

Los patógenos oportunistas incluyen estirpes de *Pseudomonas aeruginosa* y otras especies de *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Plesiomonas* y especies de géneros como *Klebsiella*, *Serratia*, *Proteus*, *Enterobacter*, y otras. Estos microorganismos son ubicuos en el ambiente, y son comunes en las aguas tratadas y en aguas de pozos.<sup>33</sup> Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que las enfermedades transmitidas por el agua se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).

#### ***Pseudomonas aeruginosa.***

Los miembros del genero *Pseudomonas*, familia Pseudomonadasceae, se encuentran ubicuos en la naturaleza. Tienen amplias capacidades oxidativas y desempeñan papeles importantes en los ciclos de desintegración de la naturaleza. Aunque la mayor parte de *Pseudomonas* existen en forma aislada, como saprofitos libres en la tierra y agua, otros sirven para parasitar gran número de plantas y animales, tanto de sangre fría como de sangre caliente, incluso insectos. *P. aeruginosa*, a veces se descubre entre la flora microbiana del hombre en especial en los intestinos.

Como muchos otros bacilos Gram negativos. *P. aeruginosa* actúa casi siempre como patógeno oportunista, y es el más temido de los oportunistas por que las infecciones que causa son difíciles de tratar y a veces resultan mortales.

Los del genero *Pseudomonas* son bacilos Gran negativos no esporulados, se parecen mucho a los coliformes es móvil por medio de uno o tres flagelos polares. Otros géneros muy similares son las *Aeromonas*; en ocasiones, varias especies del genero *Aeromonas* originan enfermedad en animales de sangre fría y en el hombre. Por ejemplo: *Aeromonas hydrophyla*, que existe mucho en la tierra, aguas dulces y marinas, aguas negras y animales marinos, provoca enfermedades diarreicas, infecciones de heridas, osteomielitis, septicemia y meningitis en el hombre. Las *Plesiomonas*, solo hay una especie del género que es patógeno oportunista para el hombre: *P. shigelloide*. Puede causar gastroenteritis y, a veces, enfermedad gastrointestinal.

### ***Klebsiella spp.***

La especie más común de este género, es *K. pneumoniae*, que son bacilos gran negativos inmóviles, que se descubren en vías alimentarias y respiratorias de un 5% de personas normales aun que el organismo provoca infecciones de vías urinarias e infecciones crónicas en varios órganos, se conoce mejor como causa de la neumonía hemorrágica grave. Este género es parte de la flora normal intestinal del hombre, se encuentran en el excremento del 5% de individuos normales. La transmisión se da principalmente de persona a persona y también por medio de la ingestión de alimentos y agua contaminados con este microorganismo.

### ***Proteus spp.***

Las especies importantes son: *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis* presentan “motilidad de hormiguero” en agar sólido. Por motivos desconocidos los organismos emigran en masas en hondas direccionales sucesivas. El olor característico de *Proteus* facilita su identificación. Son bacilos gram negativos móviles. Miembros del genero *Proteus* son habitantes intestinales normales, pero también viven libremente en la tierra y en el agua. Constituyen causa frecuente de infecciones en vías urinarias, en especial *P. mirabilis*.

### ***Enterobacter spp.***

El género de *Enterobacter* contiene cinco especies de importancia las cuales son: *E. aerogenes*, *E. agglomerans*, *E. gergoviae*, *E. sakasakii* y *E. cloacae* que habitan en la tierra, el agua y el intestino grueso de los mamíferos. Las especies de *Enterobacter* son bacilos gram negativos móviles, excepto *E. agglomerans* que no es móvil. La mayor parte de aislados intervienen en infecciones de vías urinarias *E. cloacae* es el aislado más frecuente de infecciones.

## **2.11 MEDIOS DE CULTIVO.**

Un medio de cultivo está constituido por sustancias generalmente complejas que facilitan el crecimiento de las bacterias. Estas obtienen del medio las fuentes de carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, magnesio y otros elementos o sustancias necesarias para su crecimiento.

### **2.11.1 CLASIFICACION DE LOS MEDIOS DE CULTIVO.**

Según sus cualidades físicas, se distinguen:

- ✓ **Líquidos (Caldos):** Favorecen mucho el desarrollo y multiplicación de las bacterias porque al difundirse por todo el medio encuentran con facilidad las sustancias que necesitan para su nutrición.
- ✓ **Semisólidos:** Se utilizan especialmente para el estudio de algunas propiedades bioquímicas.
- ✓ **Sólidos:** En ellos las bacterias crecen con mayor dificultad, pues los nutrientes se agotan con rapidez en el punto donde se desarrollan; sin embargo son de gran utilidad para el estudio de las características de crecimiento, de la producción de hemólisis, etc.

Según su formulación:

- ✓ **Químicamente Definidos:** Se conoce la cantidad exacta de cada uno de los compuestos que hay en el medio.



- ✓ **Complejos:** Se realizan a partir de extractos naturales (extracto de levadura, sangre, etc.); no se conoce exactamente cuál es la composición del medio; sin embargo, presenta la ventaja de que ya están presentes todos o casi todos los elementos que una célula puede requerir.

Según su uso:

- ✓ **Medio General:** Medio en donde crecen todo tipo de microorganismos, excepto los que necesitan condiciones especiales (por ejemplo, agar CLED).
- ✓ **Medio Selectivo:** Permite seleccionar el crecimiento de una especie o grupo determinado (hongos, bacterias entéricas, protozoos.).
- ✓ **Medio Diferencial:** Permite identificar una especie con otra, ambas en el mismo medio. Puede ser por su crecimiento, su metabolismo, su respiración, etc. (por ejemplo, medio de Mac Conkey).
- ✓ **Medio de Enriquecimiento:** Contiene los nutrientes necesarios para apoyar el crecimiento de una amplia variedad de microorganismos, se utiliza para la cosecha de diferentes tipos de microorganismos en un mismo medio.
- ✓ **Medio de Transporte:** Preparado para servir como almacenamiento temporal a especímenes transportados; mantienen su viabilidad y su concentración.
- ✓ **Medios para pruebas bioquímicas:** Son aquellos que detectan actividades fisiológicas de una determinada especie bacteriana, es decir son utilizados para identificar cada especie bacteriana a través de reacciones bioquímicas particulares. Como ejemplo de ellos tenemos: Citrato de Simmons, Urea, Rojo de Metilo (VP), Movilidad, Tres Azúcares y Hierro (TSI), etc.

Los medios de cultivo utilizados para el estudio de bacterias coliformes son:

### **Agar Mac Conkey:**

Utilizado para la detección y enumeración de bacterias coliformes y patógenas intestinales en agua, productos lácteos y muestras biológicas. En este medio selectivo las sales biliares y el cristal violeta actúan como inhibidores. El indicador vira a color rojo o rosado en medio ácido. Las bacterias que fermentan lactosa producen colonias de color rosado, las no fermentadoras producen colonias incoloras más o menos transparentes.

### **Agar Eosina Azul de Metileno (EMB):**

Es recomendado en la detección de bacterias coliformes, en las muestras de agua y leche, asimismo de bacilos entéricos. Su uso es prácticamente el mismo que el del medio Agar Mac Conkey. El azul de metileno actúa como indicador e inhibidor al mismo tiempo. Las colonias fermentadoras de lactosa presentan un tono violeta más o menos intenso. *Escherichia coli* origina colonias oscuras con brillo verde metálico que facilita su detección en aguas contaminadas con materias fecales.

### **Agar Tres Azúcares y Hierro (TSI):**

Es un medio de gran utilidad en la identificación de bacterias Gram negativas fermentadoras de carbohidratos. Este medio permite reconocer:

- ✓ Las bacterias que fermentan solo glucosa.
- ✓ Las que además de fermentar glucosa, fermentan lactosa, sacarosa o ambas.
- ✓ Las que no fermentan ninguno de los tres azúcares.

Además permite detectar:

- ✓ La producción de gas proveniente de la fermentación de los azúcares.
- ✓ La aparición de Ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), producto de la reducción del tiosulfato incorporado al medio de cultivo.

### **Agar SIM (Movilidad Indol Ácido sulfhídrico).**

Este medio semisólido nos brinda tres tipos de información:

- ✓ **Movilidad:** Se utiliza para determinar si un microorganismo es móvil o inmóvil.
- ✓ **Indol:** Se puede detectar mediante el desarrollo de un color rojo después de agregar de dos a tres gotas del reactivo Ehrlich, el cual si la bacteria posee la enzima triptofanasa puede degradar el triptófano y de este modo producir indol, ácido pirúvico y amonio.
- ✓ **Ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S):** Se detecta por la aparición de un color negro en el medio.

### **Rojo de Metilo:**

La prueba de rojo de metilo proporciona características valiosas para la identificación de especies bacterianas que producen ácidos fuertes a partir de la glucosa (es decir ácido Láctico, Acético y Fórmico).

### **Agar Citrato de Simmons:**

Permite determinar la capacidad de un microorganismo para utilizar citrato de sodio como única fuente de carbono para su metabolismo y crecimiento por lo que es utilizado para la identificación de Enterobacterias.

### **Caldo de Urea:**

Determina la capacidad de un microorganismo de hidrolizar la urea en dos moléculas de amoníaco por la acción de la enzima ureasa con la resultante alcalinidad.

### **Caldo Tripticasa Soya (CTS).**

Este es un medio nutritivo que permite la recuperación, mantenimiento favoreciendo el crecimiento y proliferación de casi todos los microorganismos.

## **2.12 METODOS DE DETERMINACIÓN PARA COLIFORMES TOTALES, FECALES Y E.COLI.**

### **2.12.1 MÉTODO DEL NUMERO MAS PROBABLE (NMP) DE COLIFORMES EN LIQUIDO.**

La técnica del Numero más Probable (NMP) comprende siempre una prueba presuntiva y otra confirmativa. Esto es así porque una positividad en un tubo de la prueba presuntiva no indica necesariamente la presencia del grupo bacteriano a determinar (coliformes totales, coliformes fecales o *Streptococos fecales*), sino tan solo es una presunción, que habrá de confirmarse posteriormente. Sin embargo, una negatividad en la prueba presuntiva permite dictaminar la ausencia de dicho grupo bacteriano en el agua examinada. La denominada prueba presuntiva consiste en una metodología de tipo general para cualquier grupo de bacterias, mientras que la prueba confirmativa es específica.

### **2.12.2 MÉTODO DE PLACA 3M PETRIFILM (MÉTODO RÁPIDO).**

Es un método efectivo para control ambiental, contaminaciones en proceso. Determinación de posibles fuentes de contaminación. El medio contienen nutrientes de Bilis Rojo Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. La mayoría de las E. coli (cerca del 97%) produce beta glucuronidasa, la que a su vez produce una precipitación azul asociada con la colonia.

La película superior atrapa el gas producido por E. coli y coliformes fermentadores de lactosa. Cerca del 95% de las E. coli producen gas, representado por colonias entre azules y rojo-azules asociadas con el gas atrapado en la placa Petrifilm EC (dentro del diámetro aproximado de una colonia). Esta placa verifica Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli. Los resultados son rápidos, precisos y confiables en tres sencillas etapas:

- ✓ **Sembrar.**
- ✓ **Incubar.**
- ✓ **Contar.** (ver anexo N° 12).

## **2.13 MÉTODOS DE DESINFECCION DEL AGUA.**

Actualmente, la desinfección del agua destinada al consumo humano puede definirse como un proceso de destrucción o inactivación de agentes patógenos y otros microorganismos indeseables. La desinfección de agua para sistemas rurales, se puede conseguir por diversos métodos físicos y químicos, que se describe a continuación:<sup>35</sup>

### **2.13.1 MÉTODO FISICO.**

Son procesos físicos a los cuales es sometida el agua, que permite eliminar o inactivar los microorganismos presentes en la misma. El método físico más empleado y aplicado a menor escala es:

- ✓ **Hervido.**

Es el método más corriente desinfección de agua a nivel domiciliario. Se trata de un método muy eficaz, ya que la exposición de los microorganismos patógenos transmitidos por el agua más común (bacterias, virus y parásitos) a temperaturas de aguas de 90 a 100 °C durante un corto tiempo los eliminara o inactivara.

El agua tiene que calentarse hasta que hierva “Burbujeando” durante tres minutos. Trascurrido ese tiempo esa agua está libre de cualquier microorganismo patógeno para el humano y se encuentra en óptimas condiciones para su consumo. Una vez hervida el agua para el consumo, debe ser depositada en recipientes limpios bien tapados.

### **2.13.2 MÉTODO QUÍMICO.**

Consiste, en la aplicación de un compuesto químico en el agua para destruir o inactivar las clases y números de Microorganismos. Los productos químicos más conocidos son:

- ✓ Compuestos de cloro, que son desinfectantes de uso corriente a nivel mundial.
- ✓ Yodo, solo para uso casero.

En general para el área rural la desinsectación se realiza a través del empleo del cloro en sus diversas formas o sustancias químicas como: hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio y cal clorada se descarta el cloro de gas ya que su manejo requiere de personal más aplicado.

### **2.13.3 CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE UN DESINFECTANTE QUÍMICO PARA EL AGUA.**

Para que sea idóneo, un desinfectante de agua para consumo humano, debe de satisfacer ciertos criterios generales entre los cuales se encuentran los siguientes:<sup>36</sup>

- ✓ Debe poder destruir o inactivar, dentro de un tiempo dado, las clases y números de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua que se va a tratar.
- ✓ El análisis para determinar la concentración de desinfectante en el agua debe de ser exacto, sencillo, rápido y apropiado para hacerlo tanto en el terreno como en el laboratorio.
- ✓ El desinfectante debe de ser fiable para usarse dentro del rango de condiciones que podrían encontrarse en el abastecimiento de agua.
- ✓ De ser posible no debe introducir ni producir sustancias tóxicas, o en caso contrario estas deben de mantenerse bajo los valores de guía, o las normas, ni cambiar en ninguna otra forma las características del agua de

modo que esta no sea apta para el consumo humano. O sea estéticamente inaceptable para el consumidor.

- ✓ El desinfectante debe de ser razonablemente seguro y conveniente de manejar y aplicar en las situaciones que se prevea su uso.

Uno de los desinfectantes químicos que cumple todas las características es el cloro, por ello se da su mayor uso en la desinfección del agua.

#### **2.13.4 DESINFECCIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO AL 0.5 % (PURIAGUA).**

Es el método casi universal de desinfección del agua en abastecimientos rurales es el cloro, utilizado solo o en forma de hipoclorito sódico, actúa como un potente desinfectante. Añadido al agua destruye rápidamente las bacterias y otros microbios que pueda contener, lo que garantiza su potabilidad y ayuda a eliminar sabores y olores.<sup>37</sup> Según la Organización Mundial de la Salud (OMS): “La desinfección con cloro es la mejor garantía del agua microbiológicamente potable”.

Por sus propiedades, el cloro es efectivo para combatir todo tipo de microbios contenidos en el agua incluyendo bacterias, virus, hongos y levaduras. La cloración es un método bastante efectivo, económico y simple para la desinfección del agua, pero requiere un manejo cuidadoso ya que afecta nuestra salud y el medioambiente en grandes cantidades.

El tratamiento con cloro es un método para desinfectar un pozo de agua. Se recomienda cuando un sistema de agua está contaminado con bacterias. La contaminación puede ocurrir en la instalación del pozo, cuando los escurrimientos por exceso de lluvia entran en el pozo, o cuando estos se encuentran cerca de una fuente de contaminación como son las letrinas.

Si el agua subterránea constituye en sí la fuente de bacterias, el sistema se contaminará de nuevo cada vez que el agua sea bombeada por las tuberías. Durante el proceso de desinfección, el agua no es adecuada para el consumo,

debe de esperarse al menos 30 minutos, las personas ni los animales deben tener un contacto prolongado con la misma durante el proceso. (Ver anexo N° 7).

### **2.13.5 DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 0.5 % (PURIAGUA).**

La cantidad de hipoclorito de sodio que debe adicionarse en el agua (que tenga presencia de contaminación), es 1 gota de este compuesto para un litro de agua, se requiere un tiempo de contacto mínimo de treinta minutos para que este ejerza su efecto. Una vez transcurrido el tiempo esa agua está libre de cualquier contaminante y está en óptimas condiciones para poder ser consumida por la personas. La dosificación puede ser:

**Tabla 5: dosificación del Hipoclorito de Sodio si la concentración es de 0.5% (5000 mg/L).**

<b>Volumen de Agua a Desinfectar</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en tiempo normal</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en emergencia</b>
1 Litro	4 gotas	8 gotas
2 Litros	8 gotas	16 gotas
1 Galón	15 gotas	30 gotas (1 1/2 mililitros)
5 Litros	20 gotas (1 mililitro)	40 gotas (2 mililitros)
10 Litros	40 gotas (2 mililitros)	4 mililitro (1/2 tapita)
20 Litros (5 Galones)	4 mililitro (1/2 tapita)	8 mililitro (1 tapita)
100 Litros (25 Galones)	20 mililitros (2 1/2 tapitas)	40 mililitro (5 tapitas)
200 Litros (50 Galones)	40 mililitro (5 tapitas)	80 mililitro (10 tapitas)
1000 Litros (250 Galones)	200 mililitros (25 tapitas)	400 mililitro (50 tapitas)



**Tabla 6: dosificación del Hipoclorito de Sodio si la concentración es de 1% (10000 mg/L).**

<b>Volumen de Agua a Desinfectar</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en tiempo normal</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en emergencia</b>
1 Litro	2 gotas	4 gotas
2 Litros	4 gotas	8 gotas
1 Galón	8 gotas	15 gotas
5 Litros	10 gotas	20 gotas (1 mililitros)
10 Litros	20 gotas (1 mililitro)	40 gotas (2 mililitros)
20 Litros (5 Galones)	40 gotas (2 mililitros)	4 mililitro (1/2 tapitas)
100 Litros (25 Galones)	10 mililitros (1 1/2 tapitas)	20 mililitro (2 1/2 tapitas)
200 Litros (50 Galones)	20 mililitros (2 1/2 tapitas)	40 mililitro (5 tapitas)
1000 Litros (250 Galones)	100 ml (12 1/2 tapitas)	200 mililitro (25 tapitas)

**Tabla 7: dosificación del Hipoclorito de Sodio si la concentración es de 5% (50000 mg/L).**

<b>Volumen de Agua a Desinfectar</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en tiempo normal</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en emergencia</b>
1 Litro	1/2 gotas	1 gotas
2 Litros	1 gotas	1 1/2 gotas
1 Galón	1 1/2 gotas	3 gotas
5 Litros	2 gotas	4 gotas
10 Litros	4 gotas	8 gotas
20 Litros (5 Galones)	8 gotas	16 gotas
100 Litros (25 Galones)	40 gotas (2 mililitros)	4 mililitro (1/2 tapita)
200 Litros (50 Galones)	4 mililitro (1/2 tapita)	8 mililitro (1 tapita)
1000 Litros (250 Galones)	20 mililitro (2 1/2 tapitas)	40 mililitro (5 tapitas)

## 2.14 NORMAS BACTERIOLÓGICAS.

El análisis microbiológico del agua en busca de microorganismo patógenos, como *Salmonella spp* y *Shigella Spp* puede ser difícil de realizar, por lo que se tiene que recurrir a pruebas bacteriológicas del agua potable que demuestren la presencia de microorganismos indicadores que siempre se encuentran en la materia fecal, fácil de demostrar y que sirva de guía para conocer el grado de contaminación. Las normas bacteriológicas de la calidad del agua para consumo se dan considerando la presencia del grupo coliformes, el cual es considerado como el mejor índice de contaminación fecal de las aguas, lo cual es abalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la del Perú a través de Dirección General de Saneamiento Ambiental (DIGESEA), ellos establecen que no debe de existir la presencia de estos indicadores, los valores se describen a continuación:

38

**Tabla 8: Límites máximos permisible para la calidad microbiológica.**

PARAMETROS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE		
	TECNICAS		
	FILTRACION DE MEMBRANAS	TUBOS MULTIPLES	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 Aeróbicas Mesófitas	100 UFC / ml	.....	100 UFC / ml
Organismos patógenos	Ausencia		

**Fuente:** Norma Salvadoreña Obligatoria

### **3. SISTEMA DE HIPÓTESIS.**

#### **3.1 HIPOTESIS DE TRABAJO:**

**Hi<sub>1</sub>:** Está contaminada el agua de los pozos artesanales del caserío el Guayabal con coliformes totales, fecales y *E. coli* independientemente de la distancia mínima establecida entre el pozo y la letrina (según norma).

**Hi<sub>2</sub>:** Si se aplica tratamiento con hipoclorito de sodio al 0.5% (en cantidad según norma). Es efectivo para la eliminación de coliformes totales, fecales y *E. coli* del agua de pozos contaminados.

#### **3.2 HIPOTESIS NULA:**

**Ho<sub>1</sub>:** No está contaminada el agua de los pozos artesanales del caserío el Guayabal con coliformes totales, fecales y *E. coli* independientemente de la distancia mínima establecida entre el pozo y la letrina (según norma).

**Ho<sub>2</sub>.** Si se aplica tratamiento con Hipoclorito de Sodio (en cantidad según norma). No habrá la eliminación de coliformes totales, fecales y *E. coli* de los pozos contaminados.

### 3.3 OPERACIONALIZACION DE LAS HIPOTESIS EN VARIABLES E INDICADORES.

HIPOTESIS	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
<p><b>H<sub>1</sub>:</b> Está contaminada el agua de los pozos artesanales del caserío el Guayabal con coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> independientemente de la distancia mínima establecida entre el pozo y la letrina (según norma).</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b> Agua de pozos artesanales contaminada con coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i>.</p> <p><b>Variable Independiente:</b> Distancia mínima entre pozo y letrina</p>	<p>Según la Organización Mundial de la Salud(OMS) la distancia mínima requerida entre pozo y letrina debe ser de entre 15 a 30 metros para evitar la contaminación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Distancia mayor de 30 metros.</li> <li>✓ Distancia menor de 30metros.</li> <li>✓ Presencia de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i>.</li> <li>✓ Ausencia de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i></li> </ul>	<p>Se procederá a medir con una cinta métrica la distancia del pozo y letrina la cual deberá ser la adecuada según la norma.</p> <p>Determinar la presencia de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> mediante pruebas rápidas de laboratorio (Placas 3M Petrifilm) y su posterior identificación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Longitud en metros medidos del pozo y la letrina.</li> <li>✓ Crecimiento de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i>.</li> </ul>

HIPOTESIS	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
<p><b>Hi<sub>2</sub>:</b> Si se aplica tratamiento con Hipoclorito de Sodio (en cantidad según norma). Se eliminaran los coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> del agua de pozos contaminados.</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b> Tratamiento con Hipoclorito de Sodio.</p> <p><b>Variable Independiente:</b> Eliminación de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i>.</p>	<p>La desinfección con Hipoclorito de Sodio es la mejor garantía del agua microbiológicamente potable. Por sus propiedades, es efectivo para combatir todo tipo de microorganismos presentes en el agua.</p>	<p>✓ Aplicación de la dosis adecuada (Según Norma).</p> <p>✓ Ausencia de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i>.</p>	<p>Se realizara aplicando la cantidad de Hipoclorito de Sodio adecuada al agua (Según Norma), lo que garantizara la eliminación en su totalidad los microorganismos presentes.</p>	<p>✓ Según las Unidades Formadoras de Colonias (UFC).</p> <p>✓ Ausencia de Unidades Formadoras de Colonias (UFC).</p>

## 4. DISEÑO METODOLÓGICO.

### 4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación que se realizó se caracterizó por ser de tipo prospectivo, transversal, descriptivo, analítico y de laboratorio.

**Prospectivo:** Porque la información obtenida se registró, en el lugar donde se realizara la investigación según van ocurriendo los fenómenos.

**Transversal:** Porque el estudio se realizó en un período corto de tiempo que está comprendido en los meses de julio a septiembre de 2013.

**Descriptivo:** Porque la investigación se orientó a determinar las condiciones en que se encuentra la calidad del agua de los pozos, para conocer si está directamente relacionada con la presencia de Coliformes Totales, Fecales y *Escherichia coli*.

**Analítico:** Ya que mediante el análisis de los resultados obtenidos se pretende explicar las condiciones en las que se encuentra actualmente el agua de los pozos del Caserío Guayabal y algunas causas que determinan la condición del agua en dicho lugar. Posterior al tratamiento con hipoclorito de sodio (según la dosis aplicada) se observó el efecto de este.

**De laboratorio:** Ya que mediante pruebas de laboratorio (Cultivo Microbiológico en placas 3M Petrifilm) se determinó la presencia y posterior eliminación de Coliformes Totales, Fecales Y *Escherichia coli*, en el agua de los pozos

### 4.2 UNIVERSO.

El universo para esta investigación está constituido por los 27 pozos de las viviendas que se ubican en el Caserío el Guayabal, Cantón San Antonio Chávez municipio y departamento de San Miguel.

### **4.3 MUESTRA.**

Debido a que el universo es pequeño se tomó el 100% de él; es decir se tomaron muestra de los 27 pozos ubicados en las viviendas del caserío en investigación.

### **4.4 CRITERIOS PARA ESTABLECER LA MUESTRA.**

#### **Criterios de Inclusión.**

- ✓ Pozos ubicados dentro del área geográfica del caserío Guayabal cantón San Antonio Chávez
- ✓ Casa que posea pozo y letrina.
- ✓ Pozo que tenga letrina cercana aproximadamente 50 metros (la letrina puede ser del propietario o de un vecino).

#### **Criterios de Exclusión.**

- ✓ Vivienda que tiene pozo y no posee letrina.
- ✓ Cuando el pozo y la letrina no estén siendo usados. (porque no hay habitantes en la vivienda).

### **4.5 TIPO DE MUESTREO.**

El diseño que se utilizó es el muestreo no probabilístico de tipo intencional o de conveniencia, ya que será seleccionado el total de los elementos que conforman el universo o población, de acuerdo a la factibilidad y conveniencia del equipo de investigación, que reúna los criterios de inclusión.

### **4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **TECNICAS.**

Para la recopilación de información se utilizaron diferentes técnicas entre las cuales se puede mencionar:

#### **A. Técnicas documentales:**

- ✓ **Documental bibliográfica:** Permitiendo obtener información que fundamentaron el estudio sobre una base teórica, por medio de libros, diccionarios, guías, manuales, entre otros.
- ✓ **Documental hemerográfica:** Permite recolectar información de documentos, tesis, revistas y boletines.
- ✓ **Documental de información electrónica:** Permite el uso de páginas web, artículos científicos, revistas on-line referentes al tema investigado.

#### **B. Técnicas de campo:**

- ✓ **La entrevista:** Esta técnica permitió entrevistar a los habitantes dueños de los pozos, en donde se les hicieron preguntas relacionadas con el tema de investigación.
- ✓ **La observación:** permitió obtener información sobre las condiciones del lugar donde se realizó el estudio, algunos factores como la mala ubicación entre pozo y letrina que pueden determinar las condiciones en las que se encuentra el agua de los pozos, el cual los habitantes utilizan para diversas actividades domésticas.

### **INSTRUMENTOS.**

Entre los instrumentos que se utilizaron en la investigación se tiene:

- ✓ Guía de entrevista e inspección higiénico-sanitaria de pozos y letrinas. (ver anexo N°9)
- ✓ Viñeta para Identificación de Muestra. (ver anexo N° 14).
- ✓ Uso de cámara fotográfica.

#### **4.7 MÉTODO DE LABORATORIO.**

Para confirmar la presencia de Coliformes Totales, Fecales Y *Escherichia coli* en el agua de los pozos artesanales de caserío Guayabal cantón San Antonio Chávez se utilizó el método de la placa 3M Petrifilm.



## **4.8 EQUIPO DE LABORATORIO, MATERIALES Y REACTIVOS.**

### **EQUIPO.**

- ✓ Refrigerador.
- ✓ Incubadora.
- ✓ Hielera.
- ✓ Autoclave.
- ✓ Balanza granataria.

### **MATERIALES.**

- ✓ Tubos de ensayo con rosca.
- ✓ Asas bacteriológicas.
- ✓ Erlenmeyers.
- ✓ Mechero de Bunsen.
- ✓ Placas 3M Petrifilm.
- ✓ Gradillas.
- ✓ Guantes de látex.
- ✓ Frascos de plástico estéril.
- ✓ Marcadores permanentes.
- ✓ Papel toalla.
- ✓ Bolsas para basura.
- ✓ Algodón.
- ✓ Alcohol.
- ✓ Fósforos.

- ✓ Jeringas.

## **REACTIVOS.**

- ✓ Agar Mac Conkey.
- ✓ Agar Tres azúcares y Hierro (TSI)
- ✓ Agar Citrato de Simmons.
- ✓ Movilidad.
- ✓ Rojo de Metilo.
- ✓ Indol.
- ✓ Urea.
- ✓ Reactivo de Ehrlich.
- ✓ Reactivo rojo de metilo.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Lejía.
- ✓ Detergente.

## **4.9 PROCEDIMIENTO.**

### **4.9.1 PLANIFICACION.**

El estudio se realizó en un período de seis meses comenzando desde la planificación hasta la elaboración del informe final. Primeramente la investigación inició con la búsqueda del Docente Director, asesor de metodología y asesor de estadística, luego continuó la planeación de la investigación, para ello fue necesaria la selección del tema, el cual se denomina: “Determinación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos artesanales del caserío el guayabal, cantón san Antonio Chávez, municipio y departamento de san miguel antes y después del tratamiento con hipoclorito de sodio al 0.5% en el

periodo de julio a septiembre del año 2013". Una vez se contó con la aprobación de don Rolando Rodríguez, (inspector de los promotores de salud de la unidad comunitaria de salud familiar de El Zamoran). Se procedió a elaborar el perfil de investigación y posterior el protocolo de dicha investigación

Posteriormente se hizo un reconocimiento de la comunidad, visitando el caserío el guayabal, cantón San Antonio Chávez. Donde el inspector de los promotores de salud nos dio a conocer la problemática que afecta a toda la comunidad, que es la desconfianza que tienen para consumir el agua de los pozos, ya que puede afectar especialmente a los niños. Luego de conocer la situación de la comunidad se plantearon los objetivos, la hipótesis de trabajo, la metodología del muestreo para proceder a la ejecución de la investigación. (Ver fig. 3).

Primero se realizó una lista de los materiales a utilizar para el muestreo, posteriormente se dio paso a la compra de éstos. También se investigaron los diferentes tipos de métodos para aislar coliformes en el agua, eligiendo la placa 3M Petrifilm para identificación de Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli. Ya que es un método práctico, sencillo y específico.

Una vez adquirido el material, se procedió a preparar las placas con Agar Mac Conkey siguiendo las instrucciones del fabricante, el cual se disolvió según la cantidad establecida de medio deshidratado en agua destilada, llevándolo luego a ebullición, posteriormente se esterilizó en el autoclave a 121°C por 15 minutos, luego el medio esterilizado se dejó a temperatura ambiente por 15 minutos para ser vertido en placas Petri de poliestireno, las cuales se llenaron aproximadamente con 20ml de agar líquido, luego que el medio solidificó, se guardaron las placas de forma invertida en la refrigeradora listo para ser utilizado.

También se prepararon las pruebas bioquímicas que incluyeron: Ajar tres azúcares y hierro (TSI), Citrato, Movilidad, Indol, Rojo de Metilo- Voges Proskauer y urea, de la siguiente manera: después de haber disuelto el medio en agua

destilada, cada uno se llevó a ebullición, luego se dejaron a temperatura ambiente por 15 minutos y se colocó un volumen establecido de 5ml en cada tubo, todos fueron esterilizados en la autoclave a 121°C por 15 minutos, a excepción del medio de Urea que no se esterilizó, para este medio solo se esteriliza el agua con la que se disuelve y los tubos de tapón de rosca. Todos estos medios fueron refrigerados, para posteriormente ser utilizados durante el procesamiento de las muestras.

#### **4.9.2 TOMA DE MUESTRA DE POZOS CON BOMBA.**

La toma de muestra se realizó en uno de los puntos de salida; flameando el punto de salida con una torunda impregnada con alcohol sujeta con una pinza, dejando fluir el agua durante 2 a 3 minutos y luego se tomó la muestra. Teniendo el cuidado de no tocar el interior del frasco ni del tapón al momento de su manipulación y dejando un espacio libre en el frasco de tal manera que permitiera la homogenización de la muestra previo a su análisis. (Ver anexo N° 10).

#### **4.9.3 TOMA DE MUESTRA DE POZOS SIN BOMBA.**

La toma de muestra se realizó introduciendo el frasco en el fondo del pozo con ayuda de una cuerda y una pesa atada a la base. Teniendo el cuidado de no tocar el interior del frasco ni del tapón al momento de su manipulación y dejando un espacio libre en el frasco de tal manera que permitiera la homogenización de la muestra previo a su análisis. (Ver anexo N° 11).

#### **4.9.4 EJECUCIÓN.**

Una vez identificado el lugar donde se realizó la investigación y el método a utilizar se procedió a obtener las muestras de agua de pozo, las cuales se almacenaron inmediatamente a temperatura ambiente en una caja de cartón para mantener las bacterias viables si estaban presentes. Luego se trasladaron al laboratorio donde se procesaron. Una vez en el laboratorio, se sacaron las muestras de la caja de cartón para dejarlas a temperatura ambiente por unos 15

minutos, luego se procedió a la inoculación por medio del método de las placas 3M Petrifilm de la siguiente manera:

1. Se le quitó el envoltorio a la placa, se colocó sobre una superficie plana y nivelada.
2. Se levantó la lámina semitransparente superior, que cubre la placa.
3. Mezclar homogéneamente la muestra, luego se colocó en el centro de la placa 1 ml de la muestra de agua con la ayuda de una jeringa (Todas las muestras se trabajan por duplicado).
4. Con mucho cuidado se deslizó hacia abajo la lámina semitransparente superior evitando la formación de burbujas.
5. Con la parte plana del dispersor se presionó sobre la película superior para distribuir uniformemente el inóculo en la placa. Se esperó un minuto a que se solidificara el gel.
6. Luego se incubó en grupos de hasta 20 unidades durante 24- 48 horas a 37°C. (Ver Anexo N° 12).

Luego de 24 horas se procede a la lectura e interpretación de las placas, (Ver anexo N°13). En las que se observaran dos tipo con colonias las de color azul que corresponderán a *Escherichia coli*, mientras que las colonias de color rojo correspondían a otra especie de bacterias coliformes, (ver fig. N° 10). Las placas en las cuales no se observa crecimiento a las 24 horas, se incubaron durante 24 horas más. Para la identificación de las especies de coliformes fecales (colonias rojas) se incuban las placas a 44°C durante 24 horas. Luego se realiza la resiembra de algunas colonias, en tubos previamente rotulados que contienen caldo tripticasa soya la inoculación se realizó frente al mechero con la ayuda de un asa bacteriológica. (Ver fig. N°12). Los tubos se incuban a 37°C durante 24 horas, colocados en una gradilla, cuyo objetivo de la inoculación en los caldos se hace para desestresar y producir una mayor proliferación de los microorganismos presentes para facilitar su posterior identificación.

Una vez transcurridas las 24 horas de incubación de los tubos se procede a la lectura de estos por medio de la presencia o ausencia de turbidez, luego se realiza una resiembra en las placas respectivas de agar Mac Conkey (o cualquier otro medio para el aislamiento o identificación de bacterias Entéricas). (Ver fig. N°13). Proceso que se realiza frente al mechero. Luego las placas de agar Mac Conkey se incubaron de manera invertida en la incubadora a 37°C durante 24 horas. Pasado el tiempo de incubación se procede a la lectura de las placas de agar Mac Conkey, tomando en cuenta el color de la colonia, su tamaño y su forma, observándose un mínimo crecimiento de colonias lactosa negativa. Posteriormente se inocularon las pruebas bioquímicas para identificar la especie utilizando los medios: Rojo de Metilo-Voges Proskauer y Urea se utilizó asa bacteriológica normal. Para los medios de TSI (Tres Azúcares y Hierro), Citrato, Movilidad - Indol, asa bacteriológica en punta, luego se incubaron a 37°C por 24 horas. (Ver fig. N° 14).

Transcurrido el tiempo, se procede a la lectura de cada una de las pruebas bioquímicas, con respecto al tubo de Movilidad – Indol se le coloca tres gotas de reactivo de Ehrlich y tres gotas de rojo de metilo sobre el medio Rojo de Metilo – Voges Proskauer. Comparar resultados obtenidos con la, tabla para la identificación de género y especie de Enterobacterias. (Ver Anexo N° 19). Después de haber obtenido los resultados positivos se procedió a realizar un tratamiento con puriagua al agua de los pozos para su respectiva eliminación que posterior se realizó un segundo muestreo para evaluar la efectividad de dicho tratamiento aplicado. Mediante la inoculación del agua de los pozos en las placas 3M Petrifilm. Una vez obtenido ambos resultados se procedió a la tabulación de los datos, así como también su análisis e interpretación por métodos estadísticos lo que permitirá determinar la presencia o ausencia de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos del caserío El Guayabal.

## 5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos de la investigación sobre la determinación y tratamiento de Coliformes Totales, fecales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos artesanales del caserío el Guayabal, cantón san Antonio Chávez, municipio y departamento de San Miguel, como son los siguientes.

Por los resultados obtenidos se aplicó un tratamiento con puriagua (hipoclorito de sodio al 0.5%) y su posterior comprobación de eliminación a través del método antes mencionado. Todos los datos y resultados obtenidos, tanto en la guía de inspección higiénico sanitaria de pozos como en las pruebas de laboratorio se presentan en cuadros elaborados a través del programa estadístico SPSS, los cuales son detallados mediante representaciones gráficas y valores porcentuales para una mayor comprensión en el análisis e interpretación.

Además se presenta la prueba de hipótesis utilizando la **Prueba t de Student** que nos permite comparar el promedio de bacterias coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* antes y después del tratamiento.

### 4.10 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

A continuación se presentan los resultados del recuento de las Unidades Formadoras de colonias de las bacterias coliformes antes y después del tratamiento las cuales están presentes en el agua de los pozos obtenidos por medio de la placa 3M Petrifilm.

**Tabla 9. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias de las bacterias de origen fecal encontradas en agua de pozo.**

Mx	NOMBRE DEL DUEÑO DEL POZO	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	COLIFORMES FECALES	COLIFORMES TOTALES
		UFC/ML	UFC/ML	UFC/ML
1	Salvador Venturas	0	0	0
2	Luis A. Rodríguez	3	3	6
3	Centro escolar	1	34	35
4	José M. Rodríguez	5	103	108
5	María E. Rodríguez	0	100	100
6	Urtilio orante	0	32	32
7	José A. García	1	12	13
8	María S. Lizama	2	17	19
9	Silvia I. Rodríguez	0	9	9
10	Rina Rodríguez	3	14	17
11	Teodoro Argueta	0	3	3
12	Ana R. Alvarenga	0	31	31
13	Erasmus Orante	85	180	265
14	Sandra E. Gómez	1	2	3
15	José C. Orante	0	5	5
16	Argelia Álvarez	4	19	23
17	Norma E. Argueta	43	200	243
18	José A. Rodríguez	2	20	22
19	Antonio Rodríguez	7	11	18
20	Kimberly Ventura	6	8	14
21	María A. Fuentes	3	18	21
22	Maribel Miranda	2	11	13
23	José M. Rodríguez	4	3	7
24	Virgilio Miranda	7	18	25
25	Rosa Granados	4	25	29
26	José R. Alfaro	0	3	3
27	Amadeo Ventura	2	17	19
<b>TOTAL</b>		185	898	1083
<b>PROMEDIO</b>		6.85	33.25	40.11

Fuente: placa 3M Petrifilm.



**Tabla 10. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias de las bacterias de origen fecal encontradas en agua de pozo después del tratamiento.**

<b>Mx</b>	<b>NOMBRE DEL DUEÑO DEL POZO</b>	<b>ESCHERICHIA COLI UFC/ML</b>	<b>COLIFORMES FECALES UFC/ML</b>	<b>COLIFORMES TOTALES UFC/ML</b>
1	Luis A. Rodríguez	0	0	0
2	Centro escolar	0	0	0
3	José M. Rodríguez	0	0	0
4	María E. Rodríguez	0	0	0
5	Urtilio orante	0	0	0
6	José A. García	0	0	0
7	María S. Lizama	0	0	0
8	Silvia I. Rodríguez	0	0	0
9	Rhina Rodríguez	0	0	0
10	Teodoro Argueta	0	0	0
11	Ana R. Alvarenga	0	0	0
12	Erasmo Orante	0	0	0
13	Sandra E. Gómez	0	0	0
14	José C. Orante	0	0	0
15	Argelia Álvarez	0	0	0
16	Norma E. Argueta	0	0	0
17	José A. Rodríguez	0	0	0
18	Antonio Rodríguez	0	0	0
19	Kimberly Ventura	0	0	0
20	María A. Fuentes	0	0	0
21	Maribel Miranda	0	0	0
22	José M. Rodríguez	0	0	0
23	Virgilio Miranda	0	0	0
24	Rosa Granados	0	0	0
25	José R. Alfaro	0	0	0
26	Amadeo Ventura	0	0	0
<b>TOTAL</b>		0	0	0
<b>PROMEDIO</b>		0	0	0

**Fuente:** placa 3M Petrifilm.

Una vez obtenido los resultados de la presencia de coliformes totales, fecales y *E. coli* y su posterior eliminación, se procedió al análisis e interpretación los cuales se muestran a continuación:

**Tabla N° 11. Distancia entre la letrina y el pozo con su respectiva profundidad.**

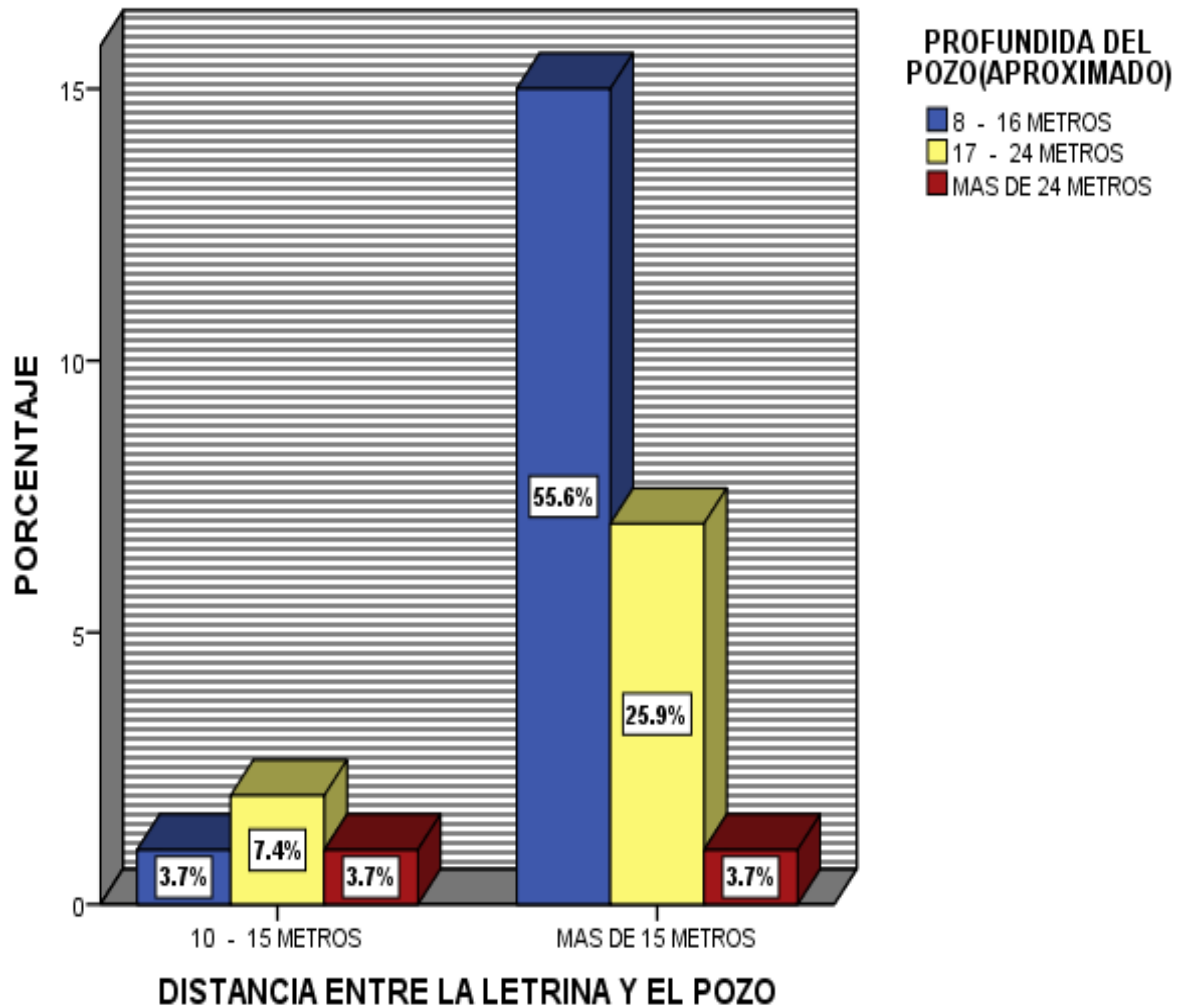
DISTANCIA ENTRE LA LETRINA Y EL POZO	PROFUNDIDAD DEL POZO (APROXIMADO)			TOTAL
	8 - 16 METROS	17 - 24 METROS	MÁS DE 24 METROS	
<b>10 - 15 METROS</b> (Recuento % del total)	1 3.7%	2 7.4%	1 3.7%	4 14.8%
<b>MÁS DE 15 METROS</b> (Recuento % del total)	15 55.6%	7 25.9%	1 3.7%	23 85.2%
<b>TOTAL</b> (Recuento % del total)	16 59.3%	9 33.3%	2 7.4%	27 100%

**Fuente:** Guía de entrevista e inspección higiénico sanitaria de pozos y letrinas.

**Análisis:**

La tabla N° 11 presenta la distancia entre la letrina y el pozo y con su respectiva profundidad donde se observa que de los 27 pozos analizados 4 de ellos se encuentra en una distancia de 10 a 15 metros de la letrina de los cuales 1 presenta una profundidad de entre 8 a 16 metros, 2 entre 17 a 24 metros y 1 presenta más de 24 metros. Los 23 pozos restante que se categorizan en una distancia mayor a 15 metros de la letrina, de los cuales 15 presentan una profundidad de 8 a 16 metros, 7 pozos entre 17 a 24 metros y un pozo con más de 24 metros de profundidad.

**Grafica N° 1. Distancia entre la letrina y el pozo con su respectiva profundidad.**



**Fuente:** Tabla N° 11.

**Interpretación:**

De acuerdo lo establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO), describe que la distancia mínima requerida entre la letrina y el pozo debe ser de 15 metros; esto determinara el grado de contaminación que pueden presentar el agua de los pozos, esto nos indica que en comparación con los que tienen menor distancia la contaminación será mayor. Según se observa en la gráfica N° 1 del 100%, de los pozos analizados, el 14.8% no cumplen con la distancia mínima.

Mientras que el 85.2% si cumplen con la distancia establecida según la norma. Por lo tanto se esperaría que su contaminación fuera menor o no existiera. Si se relaciona con la profundidad del pozo en relación con la distancia de la letrina se espera que, a mayor profundidad exista una menor contaminación por el paso de contaminantes proveniente desde la superficie u otras capas de la tierra.

**Tabla N° 12. Protección interna del pozo con relación al tiempo de construcción de la letrina.**

TIPO DE PROTECCION INTERNA DEL POZO	TIEMPO DE CONSTRUCCION DE LA LETRINA			TOTAL
	5 - 15 AÑOS	16 - 25 AÑOS	MAS DE 25 AÑOS	
<b>SIN PROTECCION</b> (Recuento % del total)	5 18.5%	0 .0%	1 3.7%	<b>6</b> <b>22.2%</b>
<b>ADOBADO CON LADRILLO Y CEMENTO</b> (Recuento % del total)	5 18.5%	2 7.4%	0 .0%	<b>7</b> <b>25.9%</b>
<b>ENCINCHADO CON TUBOS DE CEMENTO</b> (Recuento % del total)	11 40.7%	2 7.4%	1 3.7%	<b>14</b> <b>51.9%</b>
<b>TOTAL</b> (Recuento % del total)	<b>21</b> <b>77.8%</b>	<b>4</b> <b>14.8%</b>	<b>2</b> <b>7.4%</b>	<b>27</b> <b>100.0%</b>

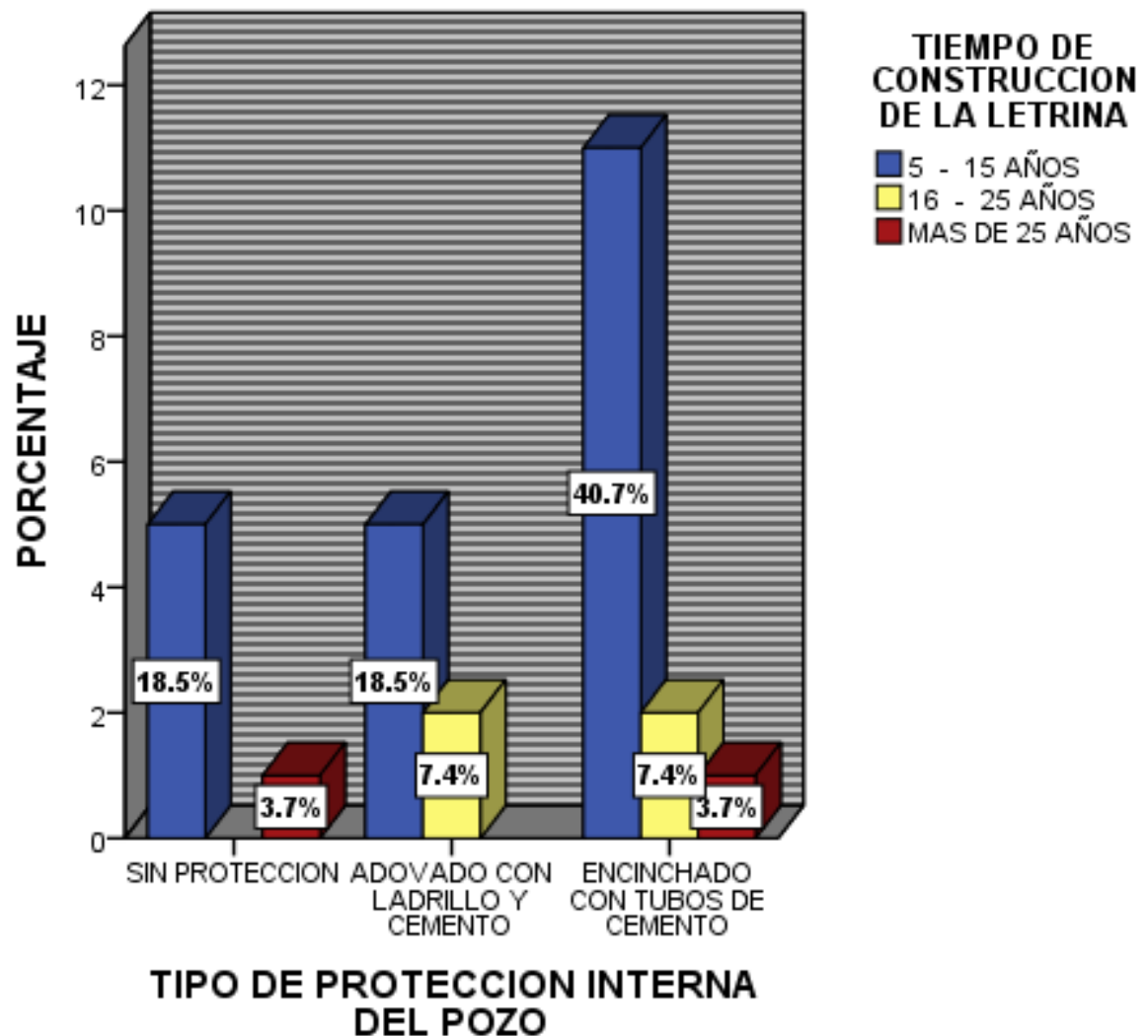
**Fuente:** Guía de entrevista e inspección higiénico sanitaria de pozos y letrinas.

**Análisis:**

La tabla N° 12 presenta el tipo de protección interna del pozo con relación al tiempo de construcción de la letrina donde, del total de los 27 pozos 6 no presenta ningún tipo de protección de los cuales 5 están en un periodo de construcción de 5 a 15 años y el restante en el periodo de más de 25 años, 7 son adobados con ladrillo y cemento de los cuales 5 en el periodo de 5 a 15 años, 2 entre 16 a 25 años y 14 pozos con una protección encinchado con tubo de cemento de los

cuales 11 con periodo de construcción de 5 a 15años, 2 están entre 16 a 25 años y 1 con más de 25 años de construcción.

**Grafica N° 2. Tipo de protección interna del pozo con relación al tiempo construcción de la letrina.**



Fuente: Tabla N° 12.

**INTERPRETACION:**

La falta de protección interna del pozo favorece a que lleguen más fácilmente diferentes contaminantes como son físicos, químicos y microbiológico. Con relación al tiempo de construidas las letrinas, esta es una de las causa que mayor

contaminación provoca al agua de los pozos, la cual es de origen fecal esto ocurre en la superficie de la tierra mediante la filtración de solutos hacia el interior de los mantos acuíferos (escorrentía).

El grafico N° 2 muestra que de un 100% de los pozos analizados el 22.2% están sin protección lo que indica una mayor contaminación por este mecanismo ya que la filtración proviene de la superficie y pasa a el interior por cualquier parte del contorno del pozo el agua contaminada y el restante 77.8% poseen protección interna del pozo, en este se espera que hubiese una ausencia total de lo antes descrito, ya que si esta protección no se encuentra en todo el interior de pozo (protegido a la mitad), esto ayudara a que esta contaminación se de en la parte que carece de algún tipo de protección interna del pozo (adobado con ladrillo y cemento, encinchado con tubos de cemento). U otro tipo de contaminación; esta tendrá que pasar por varias capas de la tierra hasta llegar a lo más profundo donde se encuentra el agua del pozo esperar ando así que por la filtración existiera una menor contaminación.

Este mecanismo de transporte de solutos se encuentra directamente relacionado con el tiempo de construcción de la letrina o fosa séptica, lo que indica que a mayor tiempo de construida la letrina hay una mayor filtración de estos compuestos de origen fecal al agua contenida en el interior del pozo que no poseen protección, lo que indica una mayor contaminación.

**Tabla N° 13. Presencia de *Escherichia coli* con relación a la distancia entre pozo y letrina.**

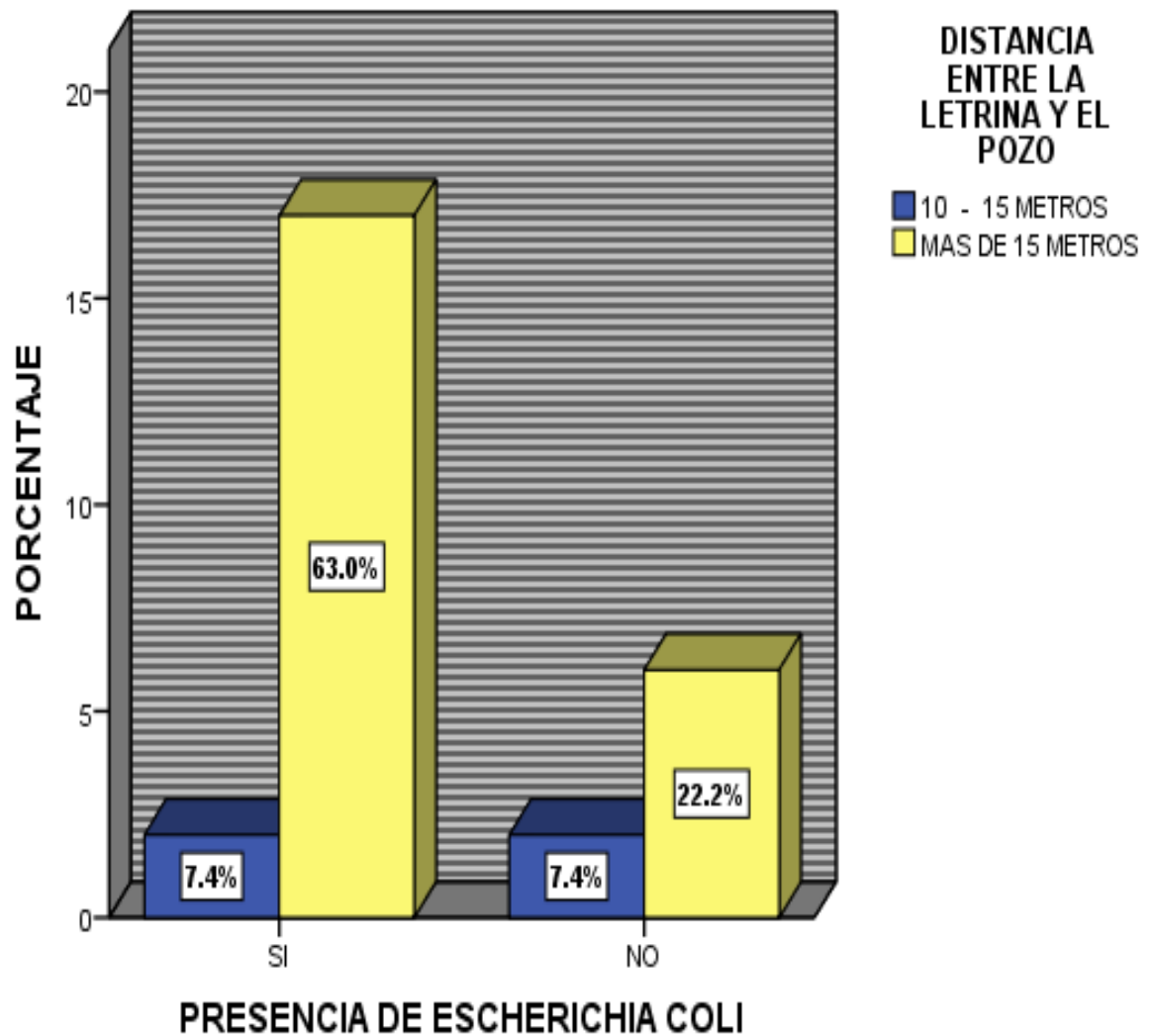
PRESENCIA DE <i>Escherichia coli</i> .	DISTANCIA ENTRE LA LETRINA Y EL POZO		TOTAL
	10 - 15 METROS	MAS DE 15 METROS	
<b>SI</b> (Recuento % del total)	2 7.4%	17 63.0%	<b>19</b> <b>70.4%</b>
<b>NO</b> (Recuento % del total)	2 7.4%	6 22.2%	<b>8</b> <b>29.6%</b>
<b>TOTAL</b> (Recuento % del total)	<b>4</b> <b>14.8%</b>	<b>23</b> <b>85.2%</b>	<b>27</b> <b>100.0%</b>

Fuente: Guía de entrevista e inspección higiénico sanitaria de pozos y letrinas.

**Análisis:**

En la tabla N° 13 se da a conocer la presencia de *Escherichia coli* con relación a la distancia entre pozo y la letrina, en la cual se observa que de 27 pozos analizados 19 resultaron positivos a la presencia de *Escherichia coli* de los cuales 2 de estos se encuentran en una distancia de 10 a 15 metros, 17 más de 15 metros de distancia entre letrina y pozo. Los 8 pozos restantes no presentaron contaminación con *Escherichia coli*.

**Grafica N° 3. Presencia de Escherichia coli con relación a la distancia entre pozo y letrina.**



Fuente: Tabla N°13.

**Interpretación:**

De acuerdo a la distancia mínima requerida entre el pozo y la letrina esta debe de ser mayor a 15 metros, para que no presenten contaminación, lo cual determinara que a menor distancia, mayor será esta contaminación del agua de los pozos. Según los resultados obtenidos en la investigación se determinó que la distancia entre el pozo y la letrina no tiene relación directa con la presencia de dicho microorganismo, ya que la distancia entre estos, es independiente debido a



que la mayoría de pozos muestreados tenían una distancia mayor a 15 metros. Según la NSO establece que no debe de existir la presencia de *Escherichia coli* en las aguas para consumo humano (ya sea de pozo o envasada). El grafico N° 3 se observa que se encontró en un 70.4% la presencia de *Escherichia coli* en el agua de los pozos analizados. Lo que indica que existe una contaminación, la cual es de origen fecal, ya que este microorganismo se encuentra en el intestino de humanos y animales de sangre caliente. La presencia de este microorganismo en el agua con relación al consumo es capaz de provocar enfermedades gastrointestinales en el humano por lo menos en virtud de sus dos mecanismos diferentes uno mediante la adhesión a las paredes del intestino y la otra es por producción de exotoxinas. Esto indica que esta agua no está apta para consumo independientemente de la especie de este microorganismo que esté presente en el agua del pozo, por consiguiente no debe existir la presencia de *Escherichia coli* en ningún tipo de abastecimiento de agua. (Potable y de pozo).

**Tabla N° 14. Presencia de coliformes fecales con relación distancia entre la letrina y el pozo.**

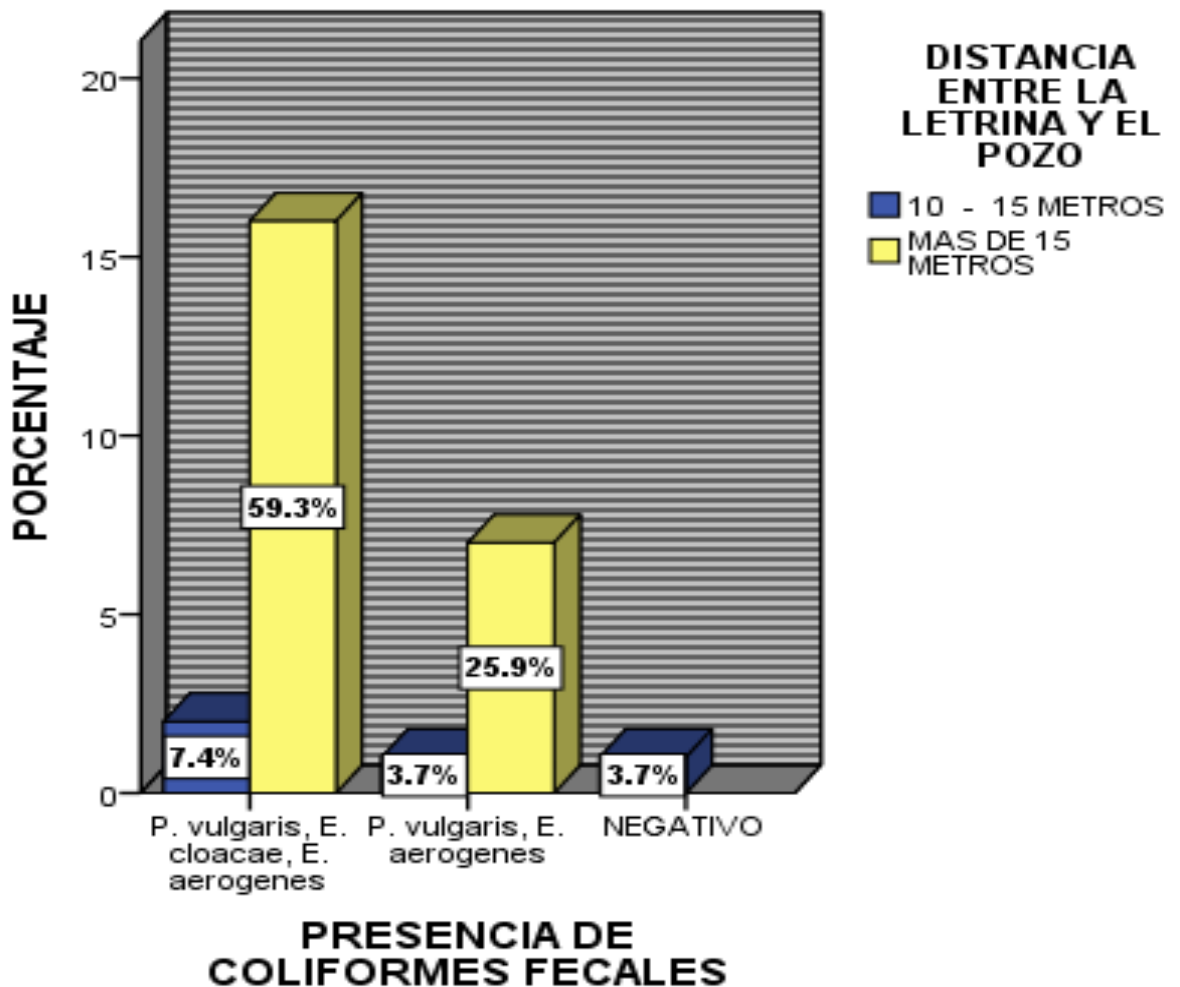
PRESENCIA DE COLIFORMES FECALES	DISTANCIA ENTRE LA LETRINA Y EL POZO		TOTAL
	10 - 15 METROS	MAS DE 15 METROS	
<i>P. vulgaris, E. cloacae, E.aerogenes</i> (Recuento % del total)	2 7.4%	16 59.3%	18 66.7%
<i>P. vulgaris, E.aerogenes</i> (Recuento % del total)	1 3.7%	7 25.9%	8 29.6%
<b>NEGATIVO</b> (Recuento % del total)	1 3.7%	0 .0%	1 3.7%
<b>TOTAL</b> (Recuento % del total)	4 14.8%	23 85.2%	27 100.0 %

**Fuente:** Guía de entrevista e inspección higiénico sanitaria de pozos y letrinas.

### Análisis:

En la tabla N° 12 muestran la presencia de coliformes fecales con relación a la distancia entre la letrina y el pozo del total de los 27 pozos, 18 presentaron un predominio de *P. vulgaris*, *E. cloacae* y *E. aerogenes*. De los cuales 2 poseen una distancia entre 10 a 15 metros, 16 más de 15 metros. 8 pozos presentaron crecimiento por *P. vulgaris* y *E. aerogenes* de los cuales 1 presenta una distancia entre 10 a 15 metros 7 más de 15 metros. El restante no presentó crecimiento.

**Grafica N° 4. Presencia de coliformes fecales con relación distancia entre la letrina y el pozo.**



Fuente: Tabla N°14.

### Interpretación:

La Organización Mundial de Salud (OMS) incluye dentro del grupo coliformes todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos Gram negativos, no esporulados, que producen ácido y gas al fermentar la lactosa, a 35 – 37 °C. Las especies clásicas de este grupo son ***Escherichia coli***, ***Enterobacter aerogenes*** y ***Enterobacter cloacae***, Estos a menudo causan infecciones respiratorias como la neumonía (en especial ***E. aerogenes***). También pueden causar infecciones del tracto urinario e infecciones de la piel y en los tejidos subyacentes ambas, la artritis séptica e inflamación de las válvulas cardíacas este es característico de ***E. cloacae***.

Todo esto ocurre luego de que el sistema inmune del huésped ha sido debilitado, ya que estas bacterias son oportunistas; los síntomas de las infecciones de estas bacterias varían dependiendo de la persona y el lugar de la infección. El gráfico N° 4 muestra la presencia de los Coliformes Fecales (***P. vulgaris***, ***E. cloacae***, ***E.aerogenes***) estas bacterias se encuentran en el excremento de animales y humanos, tierra y en el agua de pozo en donde se obtuvo un crecimiento del 96.3% para todas las muestras de agua de pozo analizadas. Con estos resultados esta agua es inadecuada ya que la norma establece que debe de existir una ausencia de los coliformes fecales, en el agua (ya sea de pozo o envasada) para ser apta para consumo y en el restante 3.7% no se obtuvo crecimiento.

Además si esta agua de pozos se utiliza para consumo o el lavado de utensilios de cocina podría ocasionar graves problemas a la salud de la población y según se indica que independientemente de la distancia en la que se encuentre la letrina del pozo, la contaminación siempre está presente.

Tabla N° 15. Presencia de coliformes totales con relación distancia entre la letrina y el pozo.

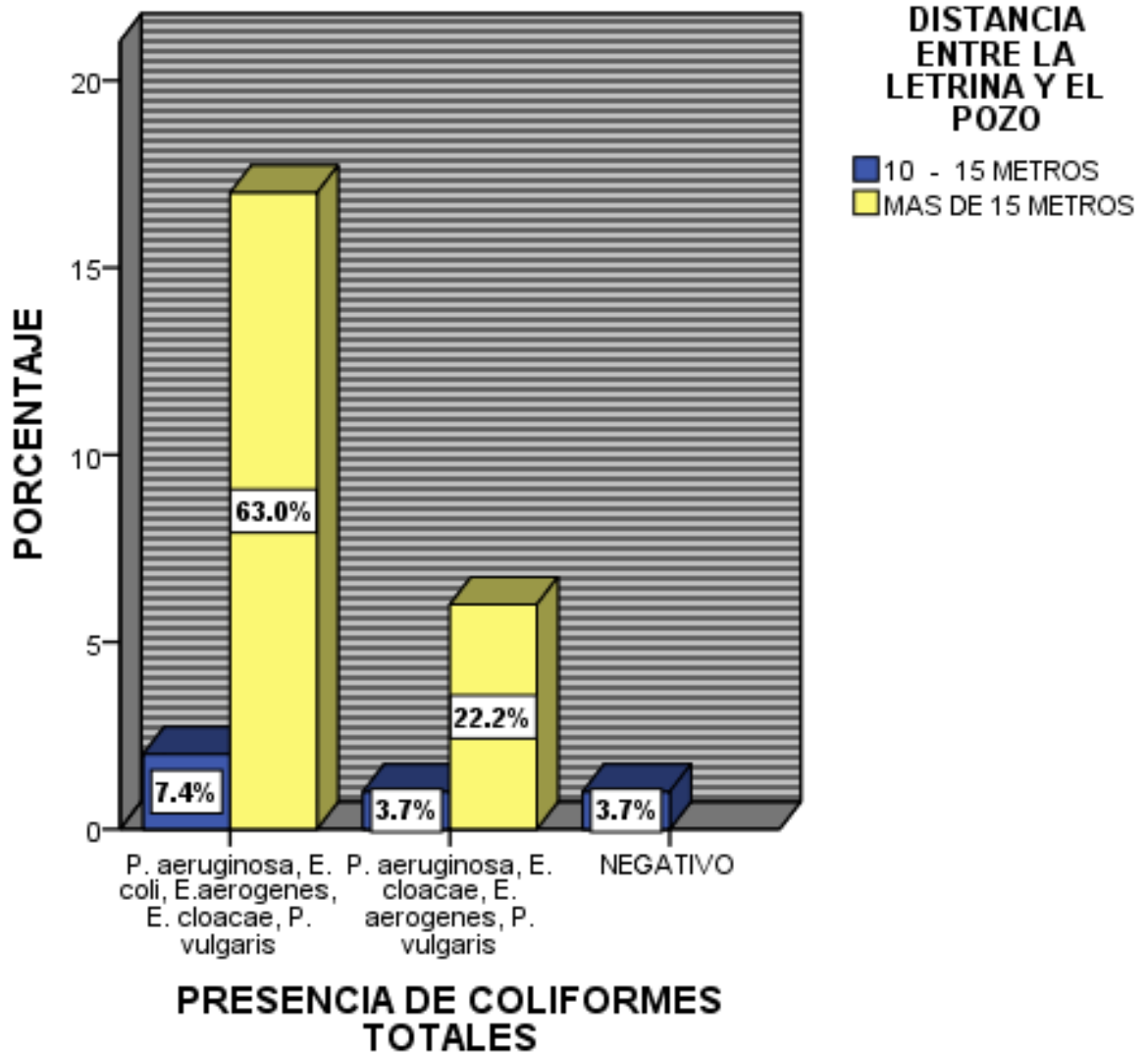
PRESENCIA DE COLIFORMES TOTALES	DISTANCIA ENTRE LA LETRINA Y EL POZO		TOTAL
	10 - 15 METROS	MAS DE 15 METROS	
<i>P. aeruginosa, E. coli, E.aerogenes, E. cloacae, P. vulgaris</i> (Recuento % del total)	2 7.4%	17 63.0%	19 70.4%
<i>P. aeruginosa, E.cloacae, E. aerogenes, P. vulgaris.</i> (Recuento % del total)	1 3.7%	6 22.2%	7 25.9%
NEGATIVO (Recuento % del total)	1 3.7%	0 .0%	1 3.7%
TOTAL (Recuento % del total)	4 14.8%	23 85.2%	27 100.0%

Fuente: Guía de entrevista e inspección higiénico sanitaria de pozos y letrinas.

#### Análisis:

En la tabla N° 15 se encuentra la presencia de coliformes totales con relación a la distancia entre la letrina y el pozo del total de los 27 pozos, 19 presentaron un predominio de *E. coli P.aeruginosa. E. cloacae y E. aerogenes P.vulgaris*. De los cuales 2 poseen una distancia entre 10 a 15 metros, 17 más de 15 metros. 7 pozos presentaron crecimiento con *P. aeruginosa, E. cloacae P. vulgaris y E. aerogenes* de los cuales 1 presenta una distancia entre 10 a 15 metros 7 más de 15 metros y 1 de ellos no presento ningún tipo de crecimiento.

**Grafica N° 5. Presencia de coliformes totales con relación distancia entre la letrina y el pozo.**



Fuente: Tabla N°15

**Interpretación:**

Según la Organización Mundial de Salud (OMS) el grupo de bacterias coliformes es el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. Es decir que los coliformes totales es la sumatoria de todas las bacterias que crecieron en el agua de pozo analizada, el

cual estas son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades. En el grafico N° 5 se muestra al presencia de los coliformes totales en la cual se obtuvo un crecimiento del 96.3%.de las muestras analizadas lo que nos indica que la contaminación es mayor ya que los coliformes totales son la sumatoria de los coliformes fecales más *E. coli P.aeruginosa. E. cloacae y E. aerogenes P.vulgaris y la presencia.* Según la norma se establece debe de existir una ausencia de los coliformes totales en el agua de pozo destinada para el consumo humano, si esto no se cumple se debe de suspender el consumo de esta agua y en el restante 3.7% no se obtuvo presencia.

**Tabla N° 16. Tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5% (puriagua) con respecto a la eliminación de los coliformes totales.**

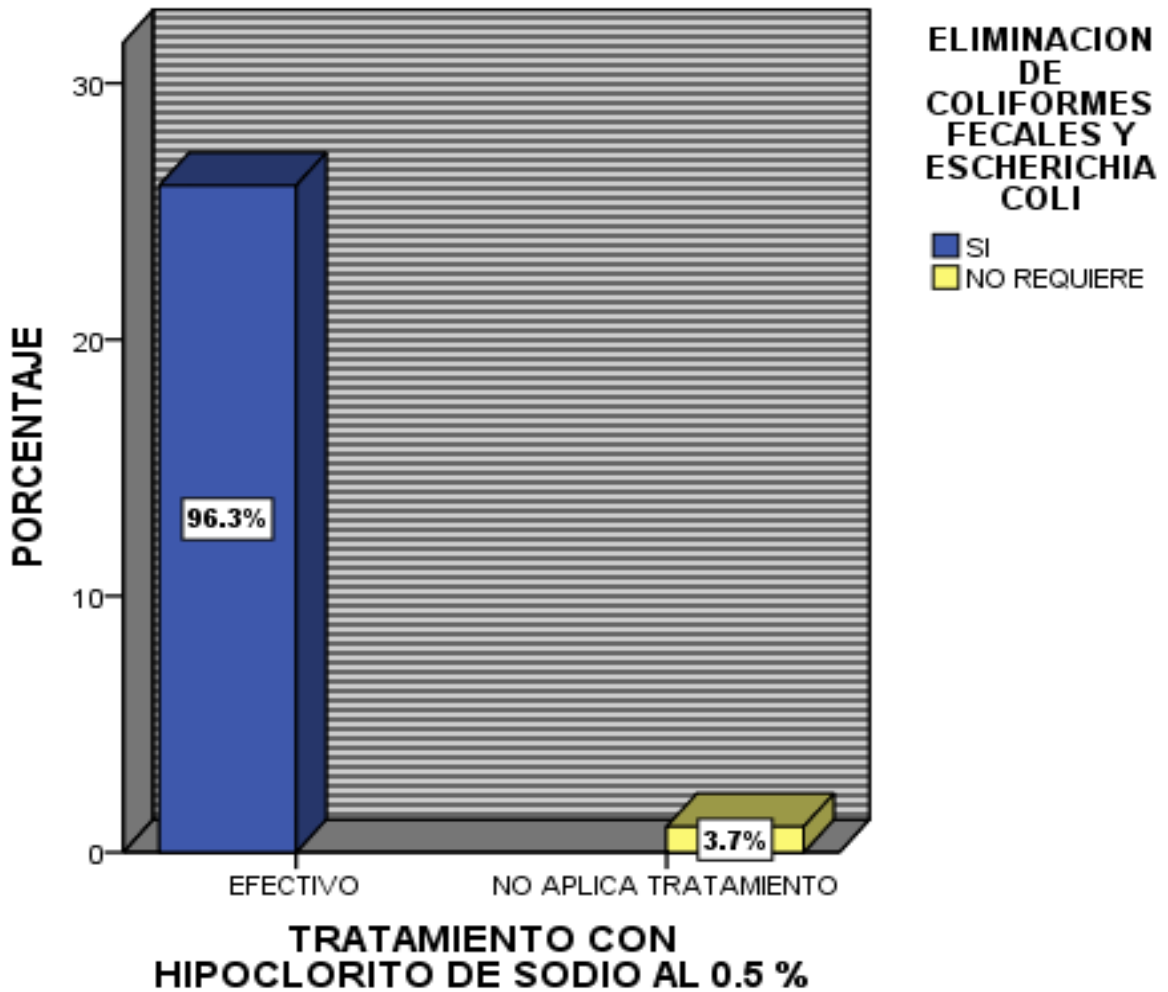
TRATAMIENTO CON PURIAGUA	ELIMINACION DE COLIFORMES TOTALES		TOTAL
	SI	NO	
<b>EFFECTIVO</b> (Recuento % del total)	26 96.3%	0 .0%	<b>26</b> <b>96.3%</b>
<b>NO EFFECTIVO</b> (Recuento % del total)	0 .0%	1 3.7%	<b>1</b> <b>3.7%</b>
<b>Total</b> (Recuento % del total)	<b>26</b> <b>96.3%</b>	<b>1</b> <b>3.7%</b>	<b>27</b> <b>100.0%</b>

Fuente: Guía de Inspección Higiénico Sanitaria de pozos y letrinas.

**Análisis:**

La tabla N° 16 presenta el tratamiento con hipoclorito comercial con respecto a la eliminación de coliformes totales en el cual del total de los 27 pozos, donde en 26 el tratamiento fue efectivo, eliminándolos así en su totalidad y en uno no fue efectivo el tratamiento en la eliminación de estos microorganismos.

**Grafica 6. Tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 0.5% con respecto a la eliminación de coliformes totales en el agua de pozo.**



Fuente: Tabla N°16.

**Interpretación:**

De acuerdo a lo establecido por la norma la mejor manera de efectuar tratamiento a el agua de los pozos para eliminar la presencia de coliformes totales es la cloración mediante el uso de Hipoclorito de Sodio al 0.5 % (Puriagua) una vez aplicado debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos después de esto, nos indicara que el tratamiento es inadecuado y por consiguiente no se recomendaría.

Pero como se muestra en el grafico N° 6 la efectividad que tiene la adición del hipoclorito de sodio al 0.5% con relación a la eliminación de estos microorganismos presentes en el aguas de pozo, del 100 % de las aguas de pozos tratados (la cual fue extraída en botellas de un litro) el 96.3% se eliminó la presencia de los coliformes totales, explicando a la población que debería tratar el agua que es extraída diariamente para el consumo y no directamente al pozo, ya que la desinfección sería más difícil porque la contaminación seguirá presente debido a la mala ubicación de la letrina y el pozo (con respecto a la dirección, pozo arriba letrina abajo) lo cual indicara que siempre existirá esta contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra, plantas, fertilizantes o materia fecal y el 3.7 % no requirió del tratamiento debido a que el dueño al realizar la construcción de su casa le dio una buena ubicación a el pozo y la letrina ( pozo arriba y letrina hacia abajo) además que la distancia que tiene uno del otro es de 20 metros.



#### 4.11 PRUEBA DE HIPOTESIS.

Tabla 17. Cuadro comparativo de la media del grado de contaminación.

Parámetros.	Promedio ( $\bar{X}$ ) de la contaminación antes del tratamiento.	Promedio ( $\bar{X}$ ) de la contaminación después del tratamiento.
Escherichia coli.	6.85ufc/ml	0ufc/ml
Coliformes fecales.	33.25ufc/ml	0ufc/ml
Coliformes totales.	40.11ufc/ml	0ufc/ml

En el presente cuadro se realiza un análisis comparativo de la media de contaminación entre los pozos antes y después del tratamiento aplicado puriagua (hipoclorito de sodio al 0.5%). En donde se aplicó la siguiente formula aritmética. Datos según tabla N°.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N}$$

$\bar{X}$  = media (promedio de contaminantes).

$X_n$  = Cantidad de contaminantes por pozo.

$N$  =total de muestra analizadas.

Con el trabajo de investigación en la cual se pretendía saber si existía o no contaminación de origen fecal en el agua de los pozos a través de pruebas de laboratorio y su tratamiento, en base a los resultados obtenidos. De acuerdo a las hipótesis planteadas en la investigación las cuales son:

**Hi<sub>1</sub>:** El agua de los pozos artesanales que consumen los habitantes del caserío el Guayabal está contaminada Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*. Según el método placa 3m Petrifilm.

**Hi<sub>2</sub>:** El tratamiento propuesto por el MINSAL (hipoclorito de sodio al 0.5%), aplicado en los pozos contaminados Con Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*. Es efectivo.

La comprobación de las hipótesis se realizó mediante un método estadístico inferencia la cual se denomina: **PRUEBA T DE STUDENT** que comprende la formula siguiente:

$$Z = \frac{\bar{X}}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

$Z$  = Es el estadístico de la prueba.

$\bar{X}$  = Es la media muestral de los datos.

$n$  = Es el tamaño muestral.

$\sigma$  = Es la desviación estándar de la población de datos.

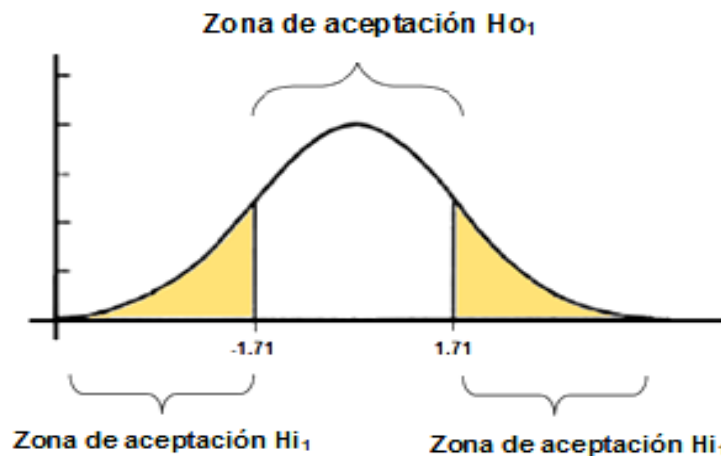
Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 18. Comprobación de la hipótesis de trabajo  $H_{i1}$ .

	VALOR DE PRUEBA = 2					
	T	GI	Sig. (bilateral)	DIFEREN CIA DE MEDIAS	99% INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA	
					INFERIOR	SUPERIOR
Contaminación del agua de los pozos	-26.000	26	.000	-.963	-1.07	-.86

**Conclusión estadística:**

Dado a que el valor  $t_c = -26.000$  es mayor en valor absoluto que el  $t_t(0.05, 26) = 1.71$ ; entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis de trabajo la cual dice de la siguiente manera: **El agua extraída de los pozos artesanales que consumen los habitantes del caserío el Guayabal está contaminada coliformes totales, fecales y *E. coli*. Según el método placa 3m Petrifilm. (Ver anexo N°19).**



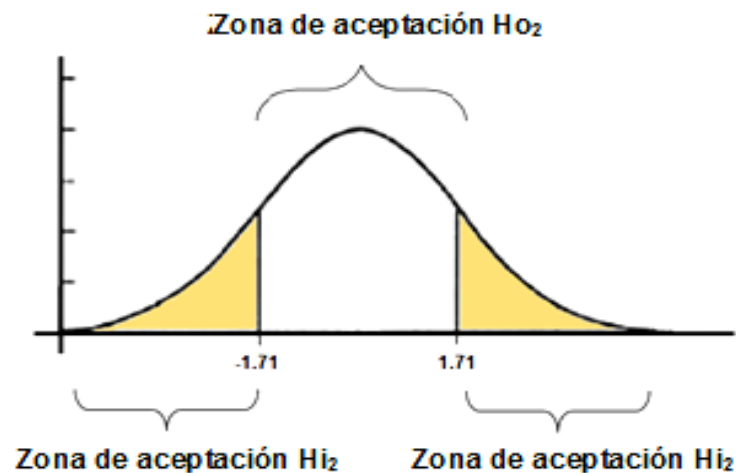
Lo cual coincide con el hecho que la significancia obtenida con la muestra es  $0.000$ , y es menor a lo establecido en la tabla de distribución T student  $\alpha = 0.10 / 2 = 0.05$ .

Tabla 19. Comprobación de la hipótesis de trabajo  $H_{i2}$ .

	VALOR DE PRUEBA = 2					
	T	GI	Sig. (bilateral)	DIFEREN CIA DE MEDIAS	99% INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA	
					INFERIOR	SUPERIOR
Eliminación de coliformes fecales y <i>Escherichia coli</i>	-12.500	26	.000	-.926	-1.13	-.72

**Conclusión estadística:**

Dado a que el valor  $t_c = -12.500$  es mayor en valor absoluto que el  $t_t(0.05, 26) = 1.78$ ; entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis de trabajo la cual dice de la siguiente manera: **El tratamiento propuesto por el Ministerio de Salud (MINSAL) (hipoclorito de sodio al 0.5%), aplicado a el agua extraída de los pozos contaminados con coliformes totales, fecales y *E. coli*. Es efectivo en un 100% (Ver Anexo N°19).**



Lo cual coincide con el hecho que la significancia obtenida con la muestra es 0.000, y es menor a lo establecido en la tabla de distribución T student  $0.10 / 2 = 0.05$ .

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES.

Una vez analizados e interpretados los datos y realizada la prueba de hipótesis se concluye que:

1. Estadísticamente se comprobó que el agua extraída de los pozos artesanales que consumen los habitantes del caserío el Guayabal está contaminada coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*.
2. También se demostró estadísticamente que el tratamiento propuesto por el Ministerio de Salud (MINSAL) con hipoclorito de sodio al 0.5%, aplicado a el agua extraída de los pozos contaminados con coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*. fue efectivo en un 100%.
3. El agua analizada en los 27 pozos del caserío El Guayabal cantón San Antonio Chávez de San Miguel, se encontró que 26 de ellos ósea el 96.3% estaba contaminada con coliformes fecales y totales y 19 pozos ósea el 70.4% tenía *Escherichia coli*. Y solo 1 pozo no presento contaminación. Con un promedio de coliformes totales de 40.11 UFC, 33.25 UFC de coliformes fecales y 6.85 UFC de *Escherichia coli*
4. La contaminación por coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* presente en el agua de los pozos artesanales, esta es independiente a la distancia mínima de 15 metros establecida por la Norma Salvadoreña Obligatoria, ya que el 96.3% de los pozos analizados estaban contaminados los cuales tenían una distancia mayor a lo establecido y el 3.7% no se obtuvo contaminación, debido a que la ubicación del pozo y la letrina es la adecuada.
5. El 100% de las letrinas que están ubicadas en la comunidad no poseen ningún tipo de tratamiento y el 92.5% de las letrinas no posee protección interna permitiendo de esta manera una filtración directa para contaminar el agua de los pozos.

6. La distancia mínima requerida entre pozo y letrina es la adecuada en un 85.2% en cada uno de los lugares donde se realizó el muestreo pero aun así se encontró contaminación del agua de los pozos, la cual se atribuye a la mala ubicación de las letrinas de los vecinos con respecto al pozo del propietario de la vivienda.
7. Dentro de los géneros bacterianos identificados en el agua de los pozos estaban: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter cloacae* y *Enterobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*, la cual de seguir consumiendo esta agua con la presencia de estos microorganismos puede ocasionar problemas en la salud de la población en un futuro.
8. Todas las personas dueñas de los pozos utilizan el agua extraída para el lavado de utensilios de cocina, procesamiento de los alimentos y el 92.5% de los habitantes utiliza el agua del pozo para el consumo, estos han estado exponiéndose a un deterioro progresivo de la salud, debido a que ellos desconocían la contaminación presente en el agua, ya que no le aplica ningún tipo de tratamiento antes de utilizarla.

## **6.2 RECOMENDACIONES.**

A partir de las conclusiones encontradas se recomienda lo siguiente:

1. A los habitantes del caserío el guayabal realizar un tratamiento a las letrinas cada 6 meses, esto para garantizar un buen manejo de las excretas lo cual favorece a la disminución en la contaminación del agua de los pozos.
2. En el caso de utilizar el agua del pozo para el consumo humano y/o uso doméstico, desinfectarla adecuadamente utilizando efectivos como ebullición, cloración (Puriagua) o mecanismo de filtración; de manera que garantice la inactivación de los agentes patógenos como son las bacterias y otros microorganismos.
3. Que la Unidad Comunitaria de Salud Familiar El Zamorán de San Miguel de a conocer y motivar sobre el uso y la disposición del Puriagua a los

habitantes del caserío el Guayabal Cantón San Antonio Chávez y realice capacitaciones constantes sobre el uso adecuado del mismo, ya que hay muchas personas que manifestaron no conocerlo ni saben dónde o como adquirirlo.

4. Que en estudios posteriores se investigue la presencia de metales pesados en el agua de los pozos del caserío el Guayabal ya que ésta investigación únicamente fue enfocada a la presencia de E. coli, coliformes fecales, coliformes totales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Estudio del Agua en España [Internet] [Acceso 17 De Marzo De 2013] URL disponible en: [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php?idioma\\_global=1&revista=109&codigo=1270](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php?idioma_global=1&revista=109&codigo=1270)
2. La Calidad del Agua en México [Internet] [Acceso 17 de Marzo de 2013] URL disponible en: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=167364&indexSearch=LD>
3. Estudio de Agua en Zacatepec [internet] [acceso 18 de marzo de 2013] URL disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992009000400005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992009000400005&script=sci_arttext)
4. Las Aguas en El Salvador [Internet] [Acceso 18 De Marzo De 2013] URL disponible en: <Http://Biblioteca.Ues.Edu.Sv/Revistas/10800262.Pdf>
5. Agua Segura para Todos [internet] [acceso 19 de marzo de 2013] URL disponible en <http://www.laprensagrafica.com/-el-agua-de-anda-siempre-ha-sido-de-buena-calidad->
6. Cuando El Agua es Amenaza y Necesidad. [28 de abril de 2013] Publicado en La Prensa Gráfica 22 de marzo de 2013 pág. 44-46.
7. Joven Campos H., Vásquez Bonilla J. “Estudio de la calidad del agua de pozo, y la propuesta de métodos de purificación, en la comunidad el tesoro 2 San Miguel”. Pag.15.
8. Laínez Ramírez K., Trejo Fuentes W. “Evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia la Carmenza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel”. Pág.: XVIII.



9. Química del Agua / Snoeyink, Vernon L. pag.2

10,11. Chicas Cubías V. Constancia Portillo C. “Determinación de bacterias coliformes patógenas en el agua de consumo del Centro Escolar Residencial La Pradera II del cantón el jute de la ciudad de San Miguel y viviendas aledañas a dicho centro, durante el período de julio a septiembre de 2011”. Pág.28-29.

12, 13. Calidad y Tratamiento del Agua, Manual de Suministros de Agua Comunitaria, 5° ed. México. Ed. McGraw-Hill. Profesional. Pág. 48.

14. Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) agua, agua potable. (Segunda actualización) Publicada en el Diario Oficial el 12 de Junio de 2009, tomo 383 Número 109. Pág. 5-8

15. Bolaños A. Martínez G. “Análisis de agua de pozos para la identificación de coliformes fecales en el caserío El Tejar cantón Salamar, municipio de Moncagua, departamento de San Miguel, durante el periodo de julio a septiembre de 2006”. Pág.27.

16. Chicas Cubías V. Constancia Portillo C. “Determinación de bacterias coliformes patógenas en el agua de consumo del Centro Escolar Residencial La Pradera II del cantón el jute de la ciudad de San Miguel y viviendas aledañas a dicho centro, durante el período de julio a septiembre de 2011”. Pág.48.

17, 18,19. Laínez Ramírez K., Trejo Fuentes W. “Evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia la Carmenza, municipio de san miguel, departamento de San Miguel”. Pág. 27.

20. Bolaños A. Martínez G. “Análisis de agua de pozos para la identificación de coliformes fecales en el caserío El Tejar cantón Salamar, municipio de Moncagua, departamento de San Miguel, durante el periodo de julio a septiembre de 2006”. Pág.35.

21. Calidad y Tratamiento del Agua, Manual de Suministros de Agua Comunitaria, 5° ed. México. Editorial. McGraw-Hill. Profesional. Pág.50.

22. Chicas Cubías V. Constancia Portillo C. “Determinación de bacterias coliformes patógenas en el agua de consumo del Centro Escolar Residencial La Pradera II del cantón el jute de la ciudad de San Miguel y viviendas aledañas a dicho centro, durante el período de julio a septiembre de 2011”.Pág.42.

23, 24. Calidad y Tratamiento del Agua, Manual de Suministros de Agua Comunitaria, 5° ed. México. Editorial. McGraw-Hill. Profesional. Pág.61.

25. Quentin N. Myrvik, Russell S. Weiser, Bacteriología y Micología Medicas 2a. ed. Interamericana. McGraw-Hill. Pág. 345.

26, 27, 28, 29, 30. Calidad y Tratamiento del Agua, Manual de Suministros de Agua Comunitaria, 5° ed. México. Ed. McGraw-Hill. Profesional. Pág.52.

31,32 Calidad y Tratamiento del Agua, Manual de Suministros de Agua Comunitaria, 5° ed. México. Editorial. McGraw-Hill. Profesional. Pág.53.

33. Quentin N. Myrvik, Russell S. Weiser, Bacteriología y Micología Medicas 2a. ed. Interamericana. McGraw-Hill. Pág. 345

34 Jazmín Elisabeth G. Gutiérrez Ventura A. “Determinación de bacterias entéricas en aguas de pozos de la comunidad 3 de Mayo del departamento de San Miguel, durante los meses de julio a septiembre de 2003”. Pág. 56

# **LISTA DE FIGURAS**

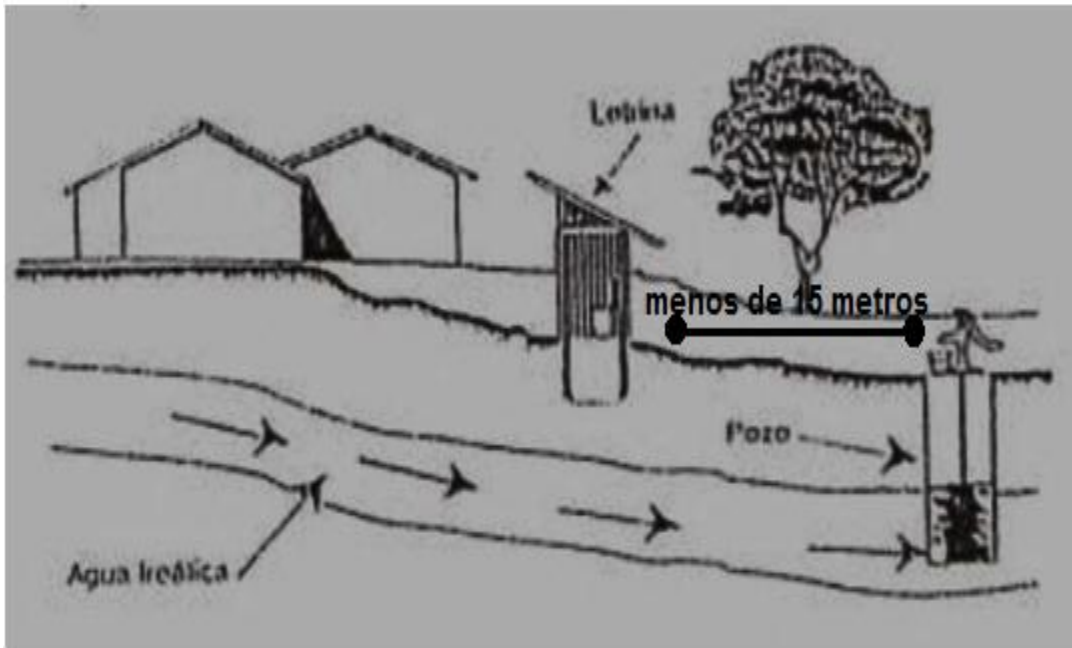


Fig. 1. Distancia incorrecta entre pozo y la letrina.

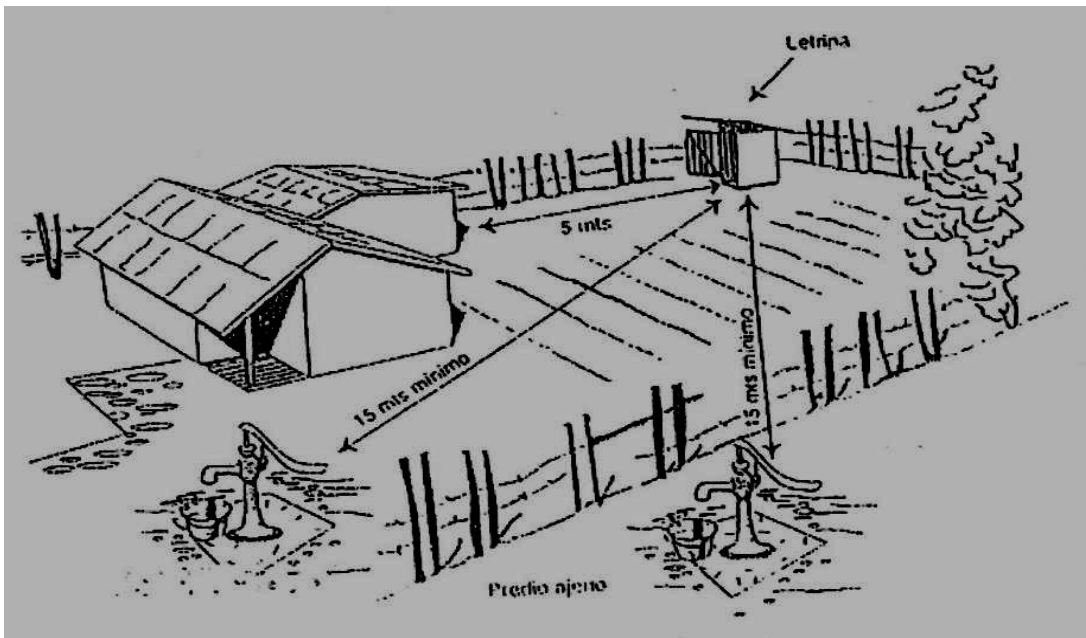


Fig. 2. Distancia correcta entre pozo y la letrina.



**Fig. 3: Grupo investigador recorriendo El Caserío Guayabal para la toma de muestra de agua de pozo.**



**Fig. 4: Encuesta realizada para la selección de la muestra de agua.**



**Fig. 5: Toma de distancia entre letrina y pozo.**



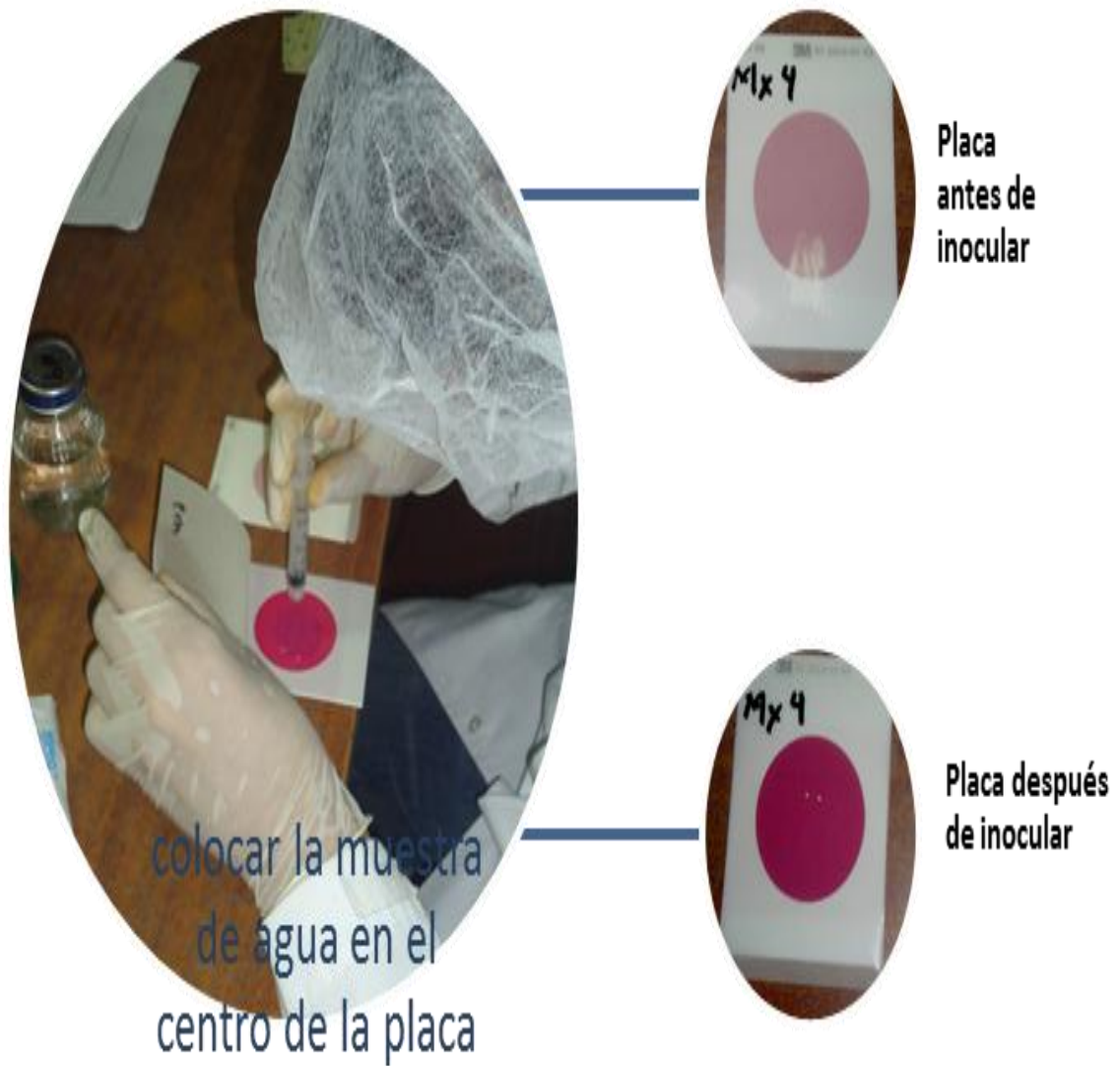
**Fig. 6: Toma de muestra en pozo artesanal.**



**Fig. 7: Toma de muestra de agua en pozo con bomba.**



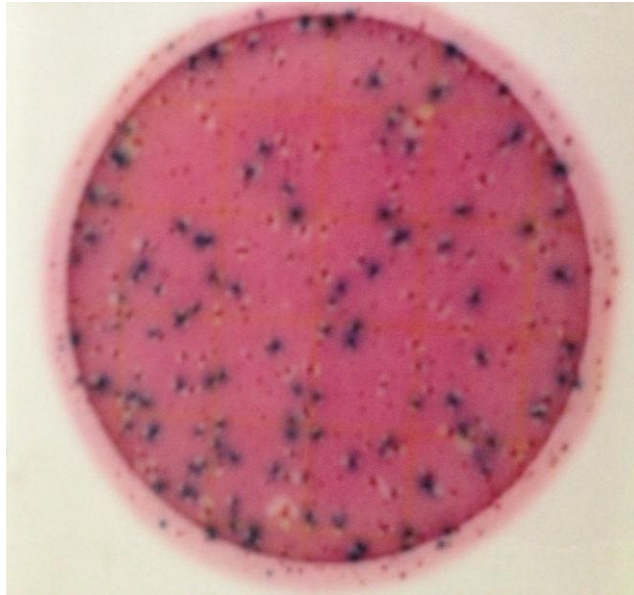
**Fig. 8: Finalización del Muestreo.**



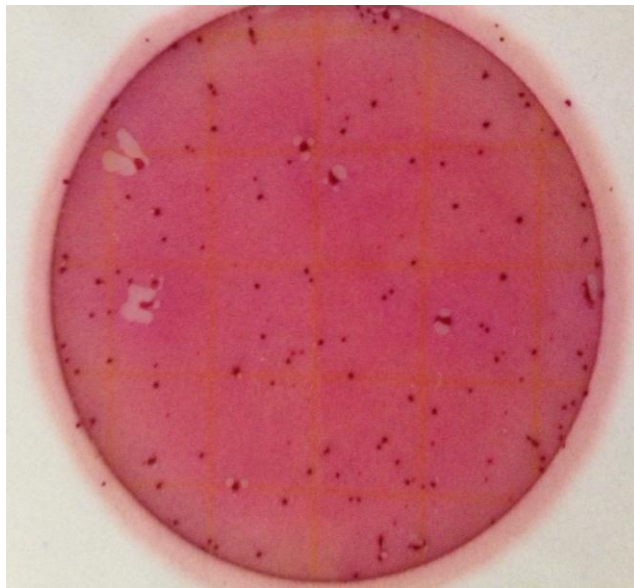
**Fig. 9: Inoculación de la muestra de agua en placa 3M Petrifilm.**



**Colonia azules: *Escherichia coli*.**



**Colonias rojas: coliformes fecales.**



**Fig. 10: Crecimiento en la placa 3M Petrifilm a las 24 horas de incubación.**



**Fig. 11: Recuento de unidades formadoras de colonias a las 24 horas de incubación a 37°C.**



**Fig. 12: Resiembra de las colonia de la placa 3M Petrifilm a el caldo tripticasa soya.**



**Figura 13. Resiembra del caldo tripticasa soya a medios selectivos y diferenciales para Enterobacterias.**



**Fig. 14: Inoculación en las diferentes pruebas bioquímicas (para la identificación de género y especie).**



**Fig. 15. Entrega del Hipoclorito de Sodio al 0.5% (Puriagua) y la hoja de dosificación para aplicar a el agua de los pozos.**

# **LISTA DE ANEXOS**

## Anexo 1. Glosario

**Agua potable:** Aquella apta para el consumo humano y que cumple con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en esta norma.

**Agua tratada:** Corresponde al agua cuyas características han sido modificadas por medio de procesos físicos, químicos, biológicos o cualquiera de sus combinaciones.

**Agua subterránea:** Agua que puede ser encontrada en la zona satura del suelo; zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

**Agua superficial:** Toda agua natural abierta a la atmósfera, concerniente a ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.

**Agua de percolación:** Agua que pasa a través de la roca o del suelo bajo la fuerza de la gravedad.

**Bacterias:** Son microorganismos procariotas que presentan un tamaño de algunos micrómetros de largo (entre 0.5 y 5  $\mu\text{m}$ , por lo general) y diversas formas, no tienen el núcleo definido y presentan orgánulos internos de locomoción.

**Bacteria coliformes:** Bacterias que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

**Bacterias aeróbias mesófilas:** Son bacterias que viven en presencia de oxígeno libre a temperaturas entre 15 °C y 45 °C.

**Bacterias heterótrofas:** Son bacterias que obtienen el carbono a partir de compuestos orgánicos.

**Cloración:** Proceso de purificación del agua en el cual el cloro es añadido al agua para desinfectarla, para el control de organismos presente. También usado en procesos de oxidación de productos impuros en el agua.

**Coliformes totales:** Son bacterias en forma de bacilos, anaeróbios facultativos, Gram negativos, no formadores de esporas. Es indicador de contaminación microbiana.

**Coliforme fecal o termotolerantes:** Son bacterias coliformes que se multiplican a  $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente.

**Cloro disponible:** Es una medida de la cantidad de cloro disponible en carbonatos de cloro, compuestos del hipoclorito, y otros materiales.

**Demanda de cloro:** Es la diferencia existente entre la cantidad de cloro aplicada al agua y la de cloro disponible libre. Así pues, podemos considerar que la demanda de cloro aproximadamente coincide con la dosis a la que se alcanza el punto de ruptura.

**Diarrea:** Es una alteración de las heces en cuanto a volumen, fluidez o frecuencia en comparación con las condiciones fisiológicas,<sup>1</sup> lo cual conlleva una baja absorción de líquidos y nutrientes.

**Hipoclorito:** Un anión que forma compuestos como hipoclorito de calcio y de sodio. Esos productos son a menudo utilizados para desinfectar y blanquear.

**Infección gastrointestinal:** Ocurre cuando un grupo de bacterias invaden el revestimiento mucoso del intestino dañando algunas células, lo que provoca ulceraciones que sangran, además se presenta una pérdida considerable de líquido el cual contiene proteínas, electrolitos (sales y minerales) y agua.

**Indicador:** Cualquier entidad biológica o proceso, o comunidad cuyas características muestren la presencia de las condiciones ambientales específicas o contaminación.

**Índice de coliformes:** Una posición de la pureza del agua basada en un conteo de bacterias coliformes.

**Medio de cultivo:** Consta de un gel o una solución que cuenta con los nutrientes necesarios para permitir, en condiciones favorables de pH y temperatura, el crecimiento de virus, microorganismos, células, tejidos vegetales o incluso pequeñas plantas. Según lo que se quiera hacer crecer, el medio requerirá unas u otras condiciones.

**Número más probable (NMP):** Este número da un valor estimado de la densidad media de bacterias coliformes en una muestra de agua.

**Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la concentración del parámetro por encima del cual el agua no es potable.

**Plaguicida:** Es cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, y aquellos que se administren a los animales para combatir ectoparásitos.

**Parámetro:** Es aquella característica que es sometida a medición.

**Perforación:** Realización de un agujero de forma que atraviese la superficie en que se hace ejemplo: perforación de un terreno.

**Pozo:** Hoyo profundo con el objetivo de alcanzar agua subterránea para suministros.



**Proceso de purificación del agua:** En el cual el cloro es añadido al agua para desinfectarla, para el control de organismos presente. También usado en procesos de oxidación de productos impuros en el agua.

**Placa Vertida:** Método utilizado para el conteo de bacterias heterótrofas en el que un sólido fundido y enfriado a 45 °C, se vierte dentro de cajas petri que contienen una cantidad definida de muestra. El resultado se expresa en unidades formadoras de colonias UFC/ml.

**Red de distribución:** Forma de hacer llegar el agua para consumo humano a la población: tuberías, cañerías camiones cisterna y depósitos de cualquier naturaleza, (exceptuando lo que compete a la Norma Salvadoreña Obligatoria de agua envasada).

**Residuos de plaguicidas:** Cualquier sustancia presente en el agua como consecuencia del uso y manejo de plaguicidas

**Tratamiento de aguas:** Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento.

## **Anexo 2. ABREVIATURAS**

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**NSO:** Norma Salvadoreña Obligatoria.

**FUSADES:** Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social.

**MINSAL:** Ministerio de Salud.

**UFC:** Unidades Formadoras de Colonias.

**NMP:** Numero Más Probable.

**FIAES:** Fondo de la Iniciativa para las Américas.

**ANDA:** Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

**CESTA:** Centro Salvadoreño de Tecnología Apropriada.

**DIGESA:** Dirección General de Saneamiento Ambiental.

### Anexo 3. Cronograma de actividades a desarrollar en el proceso de graduación ciclo i y ii año 2013.

MESES	mar-13				abr-13				may-13				jun-13				jul-13				ago-13				sep-13				oct-13				nov-13				dic-13							
SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
ACTIVIDADES																																												
1. Reuniones generales con la coordinación del proceso de graduación.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x												
2. inscripción del proceso de graduación.			x																																									
3. Elaboración del perfil de investigación.				x	x	x	x	x																																				
4. Entrega del perfil de investigación.				30 de Abril de 2013.																																								
5. Elaboración del protocolo de investigación.									x	x	x	x	x	x	x	x																												
6. Entrega del protocolo de investigación.													28 de junio de 2013.																															
7. Ejecución de la investigación.																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																
8. Tabulación, Análisis e interpretación de los datos.																																					x	x	x	x				
9. Redacción del informe final.																																					x	x	x	x				
10. Entrega del informe final.																																					Del 18 al 29 de Noviembre de 2013.							
11. Ex poción de resultados.																																					Del 25 de Nov. Al 12 de Dic. de 2013							

### Anexo 4. Cronograma de actividades específicas.

MESES	mar-13				abr-13				may-13				jun-13				jul-13				ago-13				sep-13				oct-13				nov-13			
SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES																																				
1. Inscripción del proceso de graduación.				X																																
2. Reuniones con docente director y asesores.	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X								
3. Elaboración del perfil de investigación.				X	X	X	X	X																												
4. Elaboración del protocolo de investigación.									X	X	X	X	X	X	X	X																				
5. Reconocimiento de La comunidad.															X																					
6. Ejecución del protocolo de investigación.															X	X	X	X																		
7. Recolección de las muestras.															X	X																				
8. Procesamiento de las muestras.															X	X																				
9. Tabulación, análisis e interpretación de los datos.																X	X		X	X																
10. Elaboración de conclusiones y recomendaciones.																							X	X												
11. Elaboración del informe final.																												X								
12. Presentación del informe final.																													X							
13. Exposición oral de resultados.																														X						

### Anexo 5. Presupuesto y financiamiento.

N°	Descripción del Producto.	Presentación.	Precio por unidad \$.	Unidades adquiridas.	Precio total \$.
1	Internet.	—	14.99\$ ( por mes adquirido)	6 meses	\$89.54
2	Papel bond.	Resma.	\$3.50	5	\$17.50
3	Folder.	—	\$0.25	12	\$3.00
4	gasolina	—	—	—	\$80.00
5	cartucho para impresora Hp.	Cartucho de tinta negra.	\$12.5	3	\$37.50
6	cartucho para impresora Hp.	Cartucho de tinta a color.	\$16.50	3	\$49.50
7	Viáticos.	—	—	4 visitas realizadas.	\$100.00
8	Anillados	Espiral y pastas para presentación de documento.	\$1.00	9	\$9
9	Llamadas.	—	—	—	\$20.00
10	Placas 3M Petrifilm para coliformes fecales y totales.	Set de 25 unidades.	\$27.35	2	\$54.70
11	Placas 3M Placas para Escherichia coli y coliformes fecales.	Set de 25 unidades.	\$44.85	2	\$89.70
12	Frascos	—	\$0.25	60	\$15
13	Jeringas.	Caja.	0.15	100	\$15
14	10% de imprevistos.	—	—	—	\$58.0
<b>total</b>					<b>\$638.44</b>

### FINANCIAMIENTO.

El proyecto de investigación fue financiado en su mayor parte gracias al aporte de nuestros padres, familiares y la universidad del Salvador FMO por proporcionar materiales y equipo presentes en el laboratorio de microbiología.

## Anexo 6. Ciclo hidrológico del agua.



## Anexo 7. Uso del puriagua (Hipoclorito de sodio al 0.5%).

**El uso de PURIAGUA, protege la salud de tu familia**

**¿Cómo utilizar el PURIAGUA?**

1 litro  
Agrega 8 gotas por litro de agua

Agregar el contenido de 1 tapón para cántaro de 10 a 21 botellas de agua

10-21 Bot.

Agregar el contenido de 1 1/2 tapón para cántaro de 26 a 36 botellas de agua

26-36 Bot.

Después de preparada, dejar reposar el agua por 30 minutos antes de utilizarla

**Desinfección de frutas y verduras**

- \* 2 Tapones por litro de agua a utilizar
- \* 8 Tapones por 5 botellas de agua a utilizar
- \* Dejar las verduras y frutas en reposo por 15 minutos en el agua preparada
- \* Usar el tapón de este frasco para medir las cantidades de PURIAGUA a utilizar.

**El PURIAGUA: No se consume puro  
No se deja al alcance de los niños**

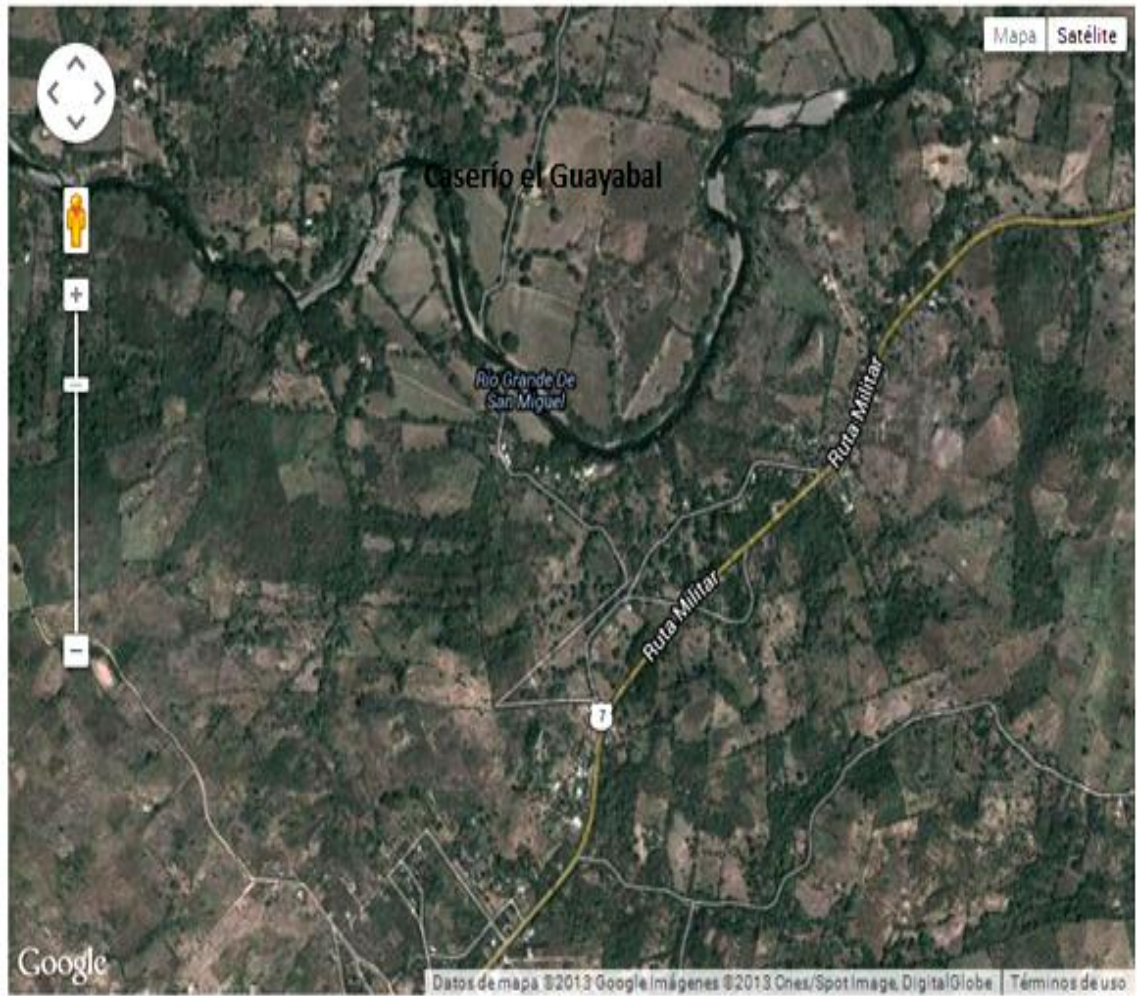
**SOLICITA PURIAGUA AL PROMOTOR DE SALUD  
O EN CUALQUIER UNIDAD DE SALUD, ES GRATIS**

**Tú y Yo**  
decidimos  
con Responsabilidad

El Salvador, C.A. 2009

Logos: Ministerio de Salud Familiar, VNS, COSIN, USAID

## Anexo 8. Croquis del caserío el guayabal.



## Anexo 9. Guía de entrevista e inspección higiénico-sanitaria de pozos y letrinas.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA.  
CARRERA DE LICENCIATURA EN LABORATORIO CLINICO**

### **GUÍA DE ENTREVISTA E INSPECCIÓN HIGIÉNICO-SANITARIA DE POZOS Y LETRINAS.**

**Objetivo:** Determinar los Usos del Agua, Forma de Extracción, y de contaminación.

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**NUMERO DE MUESTRA:** \_\_\_\_\_

1) ¿Cuánto tiempo tiene de residir en la comunidad?

2) ¿Tiempo de construcción del pozo?

3) ¿Forma de extracción del agua?

4) ¿Profundidad del pozo (aproximada)?

5) ¿Tipo de protección interna del pozo?

6) ¿Aplica algún tipo de tratamiento al agua del pozo? Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

Que le aplica: \_\_\_\_\_

Cada cuanto tiempo: \_\_\_\_\_

7) ¿El agua extraída del pozo la utiliza para consumo humano? Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

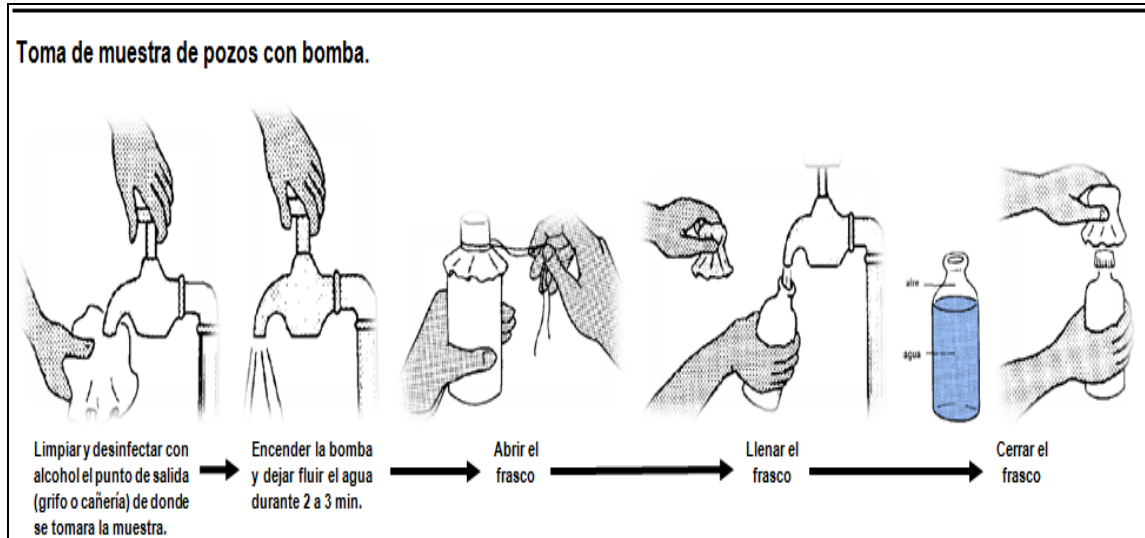
8) ¿Utiliza el agua del pozo para lavado de utensilios de cocina? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

9) ¿Utiliza el agua del pozo para el lavado y procesamiento de alimentos? Si: NO:

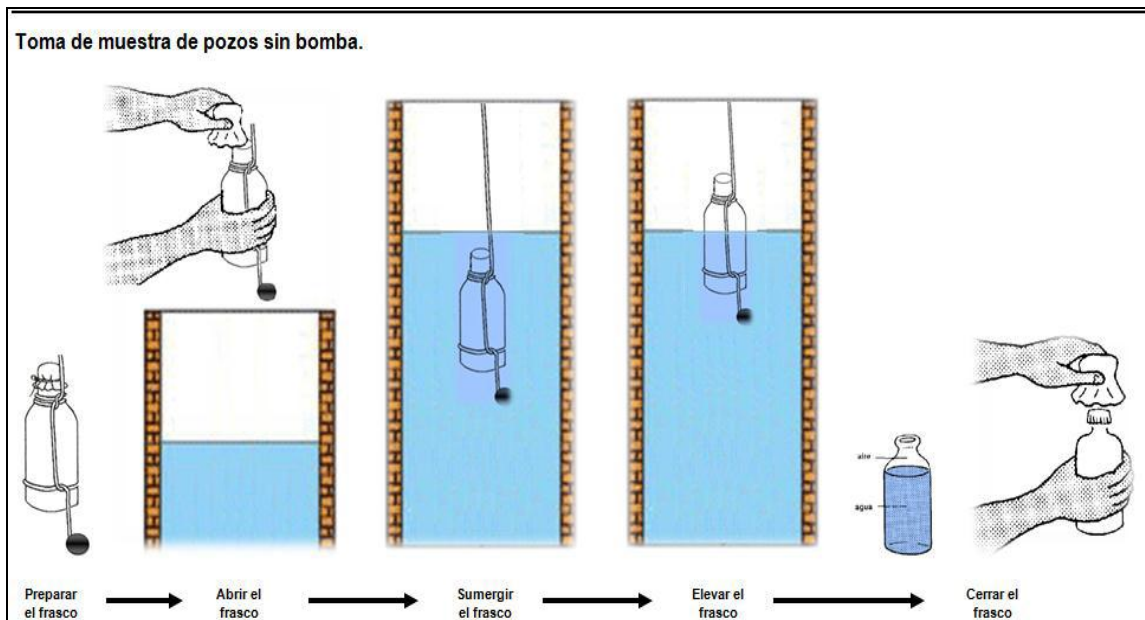


- 10) ¿Distancia entre la letrina y el pozo? \_\_\_\_\_
- 11) ¿Tiempo de construcción de la letrina? \_\_\_\_\_
- 12) ¿Aplica tratamiento a la letrina? Si: \_\_\_ No: \_\_\_
- 13) ¿La fosa séptica es sellada? Si: \_\_\_ No: \_\_\_
- 14) ¿Algún miembro de su familia ha manifestado problemas gastrointestinales?

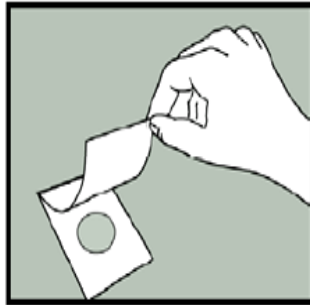
## Anexo 10. Pasos para la toma de muestra de agua de pozo con bomba.



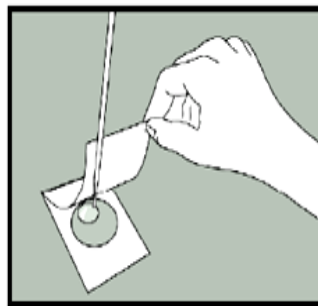
## Anexo 11. Pasos para la toma de muestra de agua de pozo sin bomba.



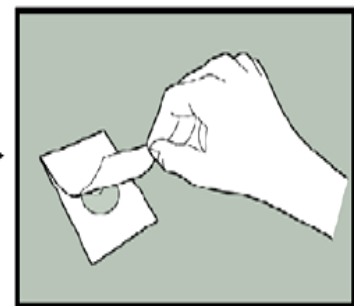
## Anexo 12. Pasos para la inoculación de placa 3m Petrifilm.



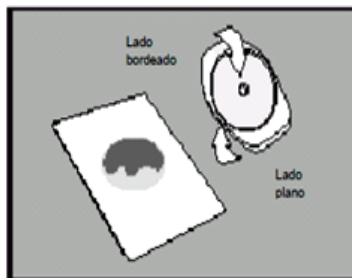
Coloque la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la lámina semitransparente superior.



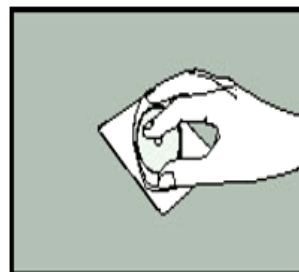
Con la pipeta perpendicular a la Placa Petrifilm coloque 1 ml de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior.



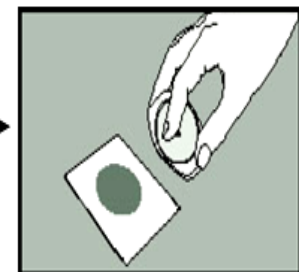
Cuidadosamente deslice la película hacia abajo evitando atrapar burbujas de aire. No deje caer la película superior.



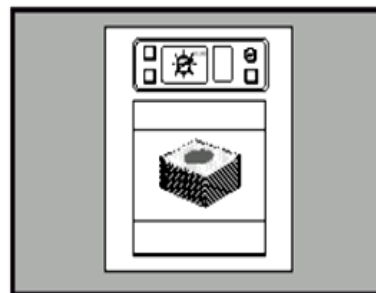
Con el lado plano hacia abajo coloque el dispersor o esparcidor sobre la película superior, como atrapando el inóculo.



Presione suavemente el dispersor o esparcidor para distribuir el inóculo sobre el área circular. No gire, ni deslice el dispersor. Recuerde distribuir el inóculo antes de inocular una siguiente placa.



Levante el dispersor o esparcidor. Espere por lo menos 1 minuto a que se solidifique el gel y proceda a la incubación.



Incube las placas cara arriba en grupos de hasta 20 unidades de altura.

**Anexo 13. Tabla para el registro y recuento de la placa 3M Petrifilm.**

MUESTRAS	NOMBRE DEL DUEÑO DEL POZO	ESCHERICHIA COLI UFC/ML	COLIFORMES FECALES UFC/ML	COLIFORMES TOTALES UFC/ML
<b>TOTAL</b>				
<b>PROMEDIO</b>				

**Anexo 14. Viñeta para rotulación de muestra.**

NOMBRE: _____	
DIRECCIÓN: _____	
FECHA/HORA DE MUESTREO: _____	
CODIGO DE MUESTRA: _____	
ANALISTA _____	

**Anexo 15. Hoja de resultados de crecimiento de las colonias.**

<b>HOJA DE RESULTADOS. CRECIMIENTO BACTERIANO EN AGAR MACCONKEY.</b>			
<b>Fecha:</b> _____		<b>CARACTERISTICAS DE LAS COLONIAS</b>	
<b>N° de Muestra</b>	<b>COLOR</b>	<b>FORMA</b>	<b>TAMAÑO</b>

**Anexo 16. Anexo Hoja de resultados de pruebas bioquímicas.**

**HOJA DE RESULTADOS. PRUEBAS BIOQUÍMICAS.**

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

<b>TSI</b>			<b>CITRATO</b>	<b>MOV.</b>	<b>INDOL</b>	<b>UREA</b>	<b>RM</b>	<b>Especie aislada</b>
<b>MEDIO</b>	<b>CO2</b>	<b>SH2</b>						



Anexo 17. Hoja de reporte.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.

DEPARTAMENTO DE MEDICINA.

CARRERA DE LICENCIATURA EN LABORATORIO CLINICO

NOMBRE: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

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

MUESTRA: \_\_\_\_\_

EXAMEN REALIZADO:

ANALISIS MICROGIOLÓGICO DEL AGUA

REPORTE:

<i>ESCHERICHIA COLI</i> UFC / 1 ml	COLIFORMES FECALES UFC / 1 ml	COLIFORMES TOTALES UFC / 1 ml

**NOTA:** SEGÚN LA NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA (NSO) LA CANTIDAD DE UFC / 100 ML ES DE “**CERO**”. LO CUAL INDICA QUE ESA AGUA ES APTA PARA CONSUMO DE LO CONTRARIO NO.

FIRMA Y SELLO: \_\_\_\_\_

**Anexo 18. HISOPOS QUICK SWAB 3M (Para identificar bacterias en superficies como utensilios de cocina, manos, uñas y otros)**



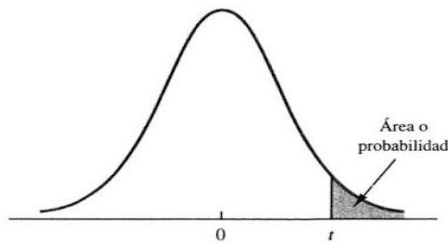
Anexo 19. Tabla para la identificación de género y especie de Enterobacterias.

MICRORGANISMOS	TSI		REACCIONES TÍPICAS DE DIVERSOS ORGANISMOS EN MEDIOS DIFERENTES												
	BISEL	PRO F	SH <sub>2</sub>	INDOL	URE A	VP	RM	MOV	CIT	FENIL	PIGMENTO	OXIDA	ESCULIN	OPTOCH	CATALA
<i>ESCHERICHIA COLI</i>	A	AG	-	+	-	-	+	+/-	-	-	Amarillo	-	D	-	+
<i>CITROBACTER DIVERSUS</i>	A	AG	-	+/-	D	-	+	+/-	+	-	Amarillo	-	D		+
<i>CITROBACTER FREUNDI</i>	A	AG	+	-	D	-	+	+	+	-	Amarillo	-	D		+
<i>KLEBSIELLA PNEUMONIAE</i>	NA	AG-A	-	-	+40H	+	-	-	+	-	Amarillo				+
<i>KLEBSIELLA OZOENAE</i>	N	AG-A	-	-	D		+	-	D	-	Amarillo				+
" <i>RHINOSOLEROMATA TIC</i>	N	A	-	-	-	-	+	-	-	-	Amarillo				+
<i>ENTEROBACTER AEROGENES</i>	A	AG	-	-	-	+	-	+	+	-	Amarillo				+
<i>ENTEROBACTER CLOACAE</i>	A	AG	-	-	+	+	-	+	+	-	Amarillo				+
<i>HAFNIA ALVEL</i>	NA	AG	-	-	-	+	-	+	+	-	Amarillo		-		+
<i>SERRATIA MERCESCENS</i>	NA	AG	-	-	-		-	+	+	-	Rojo	-	-		+
<i>PROTEUS VULGARIS</i>	N	A	+	+	+	-	+	+	+D	+	Amarillo		D		+
<i>PROTEUS MIRABILIS</i>	N	AG	+	-	+	-+	+	+	+D	+	Oscuro		-		+
<i>MORGANELLA MORGANIS</i>	N	A	-	+	+	-	+	+	-	-	Amarillo		-		+
<i>PROVIDENSE REGERI</i>	N	A/AG	-	+	+	-	+	+	+	-	Amarillo		+		+
<i>PROVIDENSE ESTARTIL (2)</i>	N	AG	-	+	-	-	+	+	+	-	Amarillo				
<i>PROVIDENSE ALKALIFACIENS</i>	N	A	-	+	-	-	+	+	+	-	Amarillo				
<i>SHIGELLA A.B.C.</i>	N	A	-	+/-	-	-	+	-	-	-	Amarillo				D
<i>SHIGELLA SONNEI</i>	N	A	-	-	-	-	+				Amarillo				-
<i>SALMONELLA TYPHI</i>	N	A	-	-	-	-	+	+	-	-	Amarillo				-
<i>YERSINIA ENTEROCOLITICA</i>	N	A	-	+/-	+/-	-	+	-	-	-	Amarillo				
<i>SALMONELLA ARIZONA</i>	N	A	-	-	-	-	+	+	+	-	Oscuro				
<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	A	A	-							-	Dorado	-		-	+
<i>STAPHYLOCOCCUS ALBUS</i>	A	A	-							-	Blanco	-	-	-	+
<i>STREPTOCOCCUS BETA A<sub>1</sub></i>	A	A	-								Gris	-	-	-	-
<i>STREPTOCOCCUS GRUPO AD<sub>1</sub></i>	A	A	-	-	-	-					Verdoso	-	+	-	-
<i>STREPTOCOCCUS PNEUMONIAE</i>	-	-	-								Oscuro	-	-	+	-
<i>PSEUDOMONA AERUGINOSA</i>	N	N	-	-	-	-	-	+	+	-	Verde	+	-	-	
<i>ACINETOBACTER CALCOUCCETICUS</i>	N	N	-	-	-	-	-	-	+	-		-	-	-	
<i>NEISSERIA GONORREAE</i>											Blanco	+	-	-	
<i>NEISSERIA MENINGITIDIS</i>											Blanco	+	-	-	



## Anexo 20. Tabla de prueba t de student.

**TABLA 2** Distribución  $t$



Las entradas en la tabla proporcionan los valores de  $t$  para un área o probabilidad en la cola superior de la distribución  $t$ . Por ejemplo, con 10 grados de libertad y un área de 0.05 en la cola superior,  $t_{0.05} = 1.812$ .

Grados de libertad	Área en la cola superior					
	0.20	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656
2	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.860	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
31	0.853	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744
32	0.853	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738
33	0.853	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733
34	0.852	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728