

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA  
SECCION DE QUIMICA



“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO, Y PROPUESTA DE  
METODOS DE PURIFICACION, EN LA COMUNIDAD EL TESORO 2 SAN  
MIGUEL”

TRABAJO DE GRADUACION

PRESENTADO POR:

JOVEL CAMPOS HILDA ROCIO

VASQUEZ BONILLA JOSUE OTONIEL

OPTANDO AL TITULO DE:

LICENCIATURA EN CIENCIAS QUIMICAS

DOCENTE DIRECTOR:

LICDA. IRMA LUCIA VIDES

ASESOR METODOLOGICO:

LICDA. LUISA DOÑO DE MORALES

AGOSTO DEL 2011

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

# **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

## **RECTOR:**

Máster: Rufino Antonio Quezada Sánchez

## **FISCAL GENERAL:**

Doctor: René Madecadel Perla Jiménez

## **SECRETARIO GENERAL:**

Licenciado: Douglas Vladimir Alfaro Chávez

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

Decana:

Dra.: Ana Judith Guatemala De Castro

Secretario:

Ing.: Jorge Alberto Rugamas

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y  
MATEMATICA**

Jefe de Departamento:

Lic.: Abel Martínez López

Coordinador de la Sección:

Lic.: Pedro Ulises Navarro

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a DIOS por regalarnos la vida, la sabiduría y su provisión en el transcurso de los años de estudio que hoy culminamos como una de las primeras etapas de nuestra vida.

A la FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, por darnos la oportunidad de una buena formación académica y guiarnos hacia un futuro mejor, convirtiéndonos en personas de amplio criterio y liderazgo.

A todas y cada una de las personas que contribuyeron a nuestra formación académica, brindándonos su apoyo, confianza, comprensión y sobre todo compartiendo sus conocimientos especialmente a la: Licenciada. Irma Lucia Vides,(Docente Director), Licenciada. Luisa Doño de Morales (Asesor Metodológico) ,por su apoyo incondicional en la culminación de nuestra carrera ; a todos los Licenciados De Licenciatura En Ciencias Químicas y sobre todo con mucho cariño al Licenciado Salvador Bustamante de grata recordación (Q.D.D.G) por todos sus consejos , aprecio y enseñanza en el transcurso de nuestra formación académica.

Por su apoyo incondicional se les agradecemos de todo corazón.

Atentamente:

HILDA ROCIO JOVEL CAMPOS

JOSUE OTONIEL VASQUEZ BONILLA

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODO PODEROSO**

Por su amor y misericordia, por sus bondades y su fidelidad, Gracias Dios por mostrarme tu amor y tu presencia en mi vida. Te amo Jesús, nunca dejas de sorprenderme.

### **A MI MADRE**

Por darme la vida, por alentarme en los momentos de dudas y darme tu apoyo incondicional, por ser la persona que siempre cree en mí, por tus consejos, cuidados y gran amor. Porque muchas veces te toco hacer el rol de Padre y Madre, y por supuesto siempre lo hiciste bien. Por conducirme y mostrarme los caminos de Dios. Gracias Mama te amo eres la mejor.

### **A MIS FAMILIARES**

Especialmente a mi tía Toya por su Amor, por compartir su felicidad y bondad, por entretenerme con sus experiencias de juventud, Gracias por todo, vives en mis recuerdos y en lo más profundo de mi corazón. Me marcaste tía Infinitas Gracias. A mis Hermanas Marisol, Lisseth y Cristela por su apoyo y cariño, a mis sobrinos William, Kevin y Franklin que son como los hermanos que nunca tuve, a Katherine, Laurita, Sarai y Stefany que son de mucha bendición a nuestra familia.

### **A MIS AMIGOS**

Especialmente a Sonia sabes que eres una persona muy especial en mi vida, a Josué mi hermanito, a Jony, Nelson, Marvin, Urania, Fanny, Emilio, Olga, Doris, Herberd, Vanesa, a

todos ellos gracias por su amistad sincera. A Hilda mi compañera de Tesis, infinitas gracias no tengo con que pagarte tu esfuerzo y apoyo, pero se Dios te premiara. A nuestras asesoras Licda. Irma Lucia Vides y Licda. Luisa Doño de Morales por su tiempo, esfuerzo y sacrificio Muchas Gracias. A mis pastores y hermanos en Cristo por sus oraciones, consejos y buenos deseos. A todos mis alumnos que me enseñaron mucho en todo este tiempo y a todas las personas que de una u otra forma han compartido conmigo y me han permitido crecer como persona y como profesional.

VASQUEZ BONILLA JOSUE OTONIEL

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODOPODEROSO:**

Por brindarme la vida, la fuerza y la voluntad para seguir adelante y mantenerme firme en mis objetivos y nunca dejarme desfallecer.

### **A MI MADRE MARÍA JOVEL.**

Por ser la mejor de las madres y brindarme su amor y apoyo incondicional en el transcurso de mi desarrollo profesional. " ESTÉ ESFUERZO ES GRACIAS A TI."

### **A MI PADRE NEFTALÍ CAMPOS.**

Por guíame con esmero, dedicación y apoyo incondicional en todo el transcurso de mi desarrollo profesional.

### **A MIS ASESORAS: LICENCIADA IRMA LUCIA VIDES Y LICENCIADA LUISA DOÑO DE MORALES.**

Por su ayuda en la culminación de este trabajo y por transmitirme sus conocimientos en el transcurso de estos años de estudio.

### **A MIS MAESTROS: LIC. ABEL, LIC. PEDRO, LIC. SANTOS, LIC. .RENÉ y con mucho cariño y recordación al LIC. SALVADOR BUSTAMANTE.**

Por toda la ayuda, dedicación, amistad y aprecio que nos regalaron en el transcurso de estos años de estudio.

**A MIS AMIGOS OTTO, NELSON Y MARVIN:**

Por estar a mi lado y compartir conmigo todos sus conocimientos, y todos los momentos de tristeza, alegría y sacrificio que pasamos juntos. "Gracias Amigos" también a mis amigos que están lejos y que nos brindaron su apoyo a ti Emilio y Urania gracias por todo.

**A MI MAESTRO Y AMIGO JOSÉ ISMAR NAVARRETE,**

Que con gran paciencia y voluntad nos enseñó sus conocimientos y nos ayudó incondicionalmente en todas las dificultades que se nos presentaron.

**A MI AMIGA INGRID NAVARRETE Y SU FAMILIA:** Por estar siempre a mi lado apoyándome en todo momento.

**A MIS AMIGOS:** De la carrera de Licenciatura en Ciencias Químicas que nos brindaron su apoyo incondicional a ti amiga, Virginia, Yuri y Salomón, gracias por estar a nuestro lado.

GRACIAS DIOS POR LO Lindo y MARAVILLOSO QUE ERES CON TU HIJA Y PERMITIRLE CULMINAR ESTE TRABAJO:

**HILDA ROCIO JOVEL CAMPOS**



# ÍNDICE

Resumen.....	i
Introducción.....	iii
<b>CAPITULO I            PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
Antecedentes.....	iv
Planteamiento del problema.....	v
Justificación.....	vi
Enunciado del problema.....	vii
Objetivos.....	viii
<b>CAPITULO II “Marco Teórico”</b>	
2.1- El agua perspectiva Global.....	9
2.2- Propiedades Organolépticas del Agua.....	9
2.3- Ciclo del Agua.....	10
2.4- Distribución Global del Agua.....	12
2.5- Tipos de Agua Naturales.....	12
2.5.1- Agua Atmosférica.....	12
2.5.2- Agua Superficial.....	12
2.5.3- Agua Subterránea.....	13
2.6- Composición Química del Agua.....	13
2.7- Procesos Químicos en el Agua.....	14
2.7.1- Constituyentes Inorgánicos en las Aguas Naturales.....	14
2.8- Agua Subterránea en El Salvador.....	14
2.9- Dinámica de la Degradación Ambiental.....	15
2.10- Calidad del Agua, Contaminación del agua y tipos de contaminantes.....	17

2.11- Principales contaminantes metálicos.....	18
2.12- Los parámetros Físicos-Químicos y Bacteriológicos.....	19
2.12.1- Clasificación de los Parámetros.....	19
2.13-Parametros Físicos.....	19
2.13.1- pH.....	19
2.13.2- Temperatura.....	19
2.14- Parámetros Químicos.....	19
2.14.1- Plomo.....	19
2.14.1.1- Efectos del Plomo en la Salud.....	20
2.14.2- Arsénico.....	22
2.14.3- Antimonio.....	23
2.14.4- Hierro.....	24
2.14.5- Zinc.....	25
2.14.6- Manganeseo.....	26
2.15- Parámetros Bacteriológicos.....	27
2.15.1- Bacterias Patógenas.....	27
2.15.2- Requerimiento de Temperatura.....	27
2.15.3- Requerimiento de Humedad.....	28
2.16- Contaminación Bacteriológica del Agua.....	28
2.16.1- Bacterias Aerobias.....	28
2.16.2- Bacterias Anaerobias.....	28
2.16.3- Coliformes Totales.....	29
2.16.4- Coliformes Fecales.....	29
2.16.5- Escherichia Coli.....	29

### CAPITULO III “Sistema de Hipótesis”

3.1- Hipótesis.....	30
3.2- Operacionalización de las variables.....	31
3.3- Definición Conceptual.....	31
3.4- Definiciones Operacionales.....	32
3.5- Prueba de Hipótesis.....	33

### CAPITULO IV “DISEÑO METODOLÓGICO”

4.1- Tipo de Estudio.....	34
4.2- Tamaño de la muestra.....	35
4.3- Puntos de muestreo.....	35
4.4- Universo de Estudio.....	35
4.5- Toma de la Muestra.....	36
4.6 - Ubicación Geográfica.....	36
4.7- Tiempo de Estudio.....	36
4.8- Contaminantes Medidos.....	36
4.9- Instrumentos de medición utilizados en los diferentes análisis.....	37
4.9.1- Análisis Físicoquímico.....	37
4.9.2- Análisis Físico.....	37
4.9.3- Análisis Químico.....	37
4.10- Principio Fundamental del Método de Absorción Atómica.....	37
4.10.1-Espectroscopia Basada en la Atomización Electrotérmicos.....	38
4.10.2- Absorción de Radiación.....	39
4.10.3- Absorción Atómica.....	39
4.10.4- Términos empleados en Espectroscopia de Absorción.....	40
4.10.4.1- Transmitancia.....	40

4.10.4.2- Absorbancia.....	40
4.11- Atomizadores Electrotérmicos.....	41
4.12- Fuentes de Radiación para los métodos de absorción atómica.....	41
4.13- Atomización de la Muestra.....	42
4.14- Condiciones de operación del método.....	42
4.15- Análisis Bacteriológico.....	42
4.15.1- Organismos indicadores y la prueba Coliformes.....	42
4.15.2- Organismos Indicadores.....	43
4.15.3- Organismos Patógenos Transmitidos por el Agua.....	44
4.16- Procedimientos para el Análisis Bacteriológico.....	44
4.16.1- Placas Petrifilm para recuento de Coliformes Totales.....	44
4.16.2- Placas Petrifilm para recuento de Coliformes Fecales y Escherichia Coli.....	45
<b>CAPITULO V “PRESENTACIÓN DE RESULTADOS”</b>	
5.1-Analisis Físico.....	46
5.1.1- Resultados de Temperatura en agua de pozo.....	46
5.1.2-Resultados de pH en agua de pozo.....	48
5.2- Resultados del análisis químico en el agua de pozo.....	50
5.2.1- Arsénico en agua de pozo.....	50
5.2.2- Antimonio en agua de pozo.....	50
5.2.3- Hierro en agua de pozo.....	50
5.2.4- Manganeso en agua de pozo.....	51
5.2.5- Zinc en agua de pozo.....	51
5.2.6- Plomo en agua de pozo.....	51
5.3- Resultados del análisis Bacteriológico.....	52
5.3.1- UFC/ml Coliformes Totales en agua de pozo.....	52

5.3.2- UFC/ml Coliformes Fecales en agua de pozo.....	53
5.3.3- UFC/ml Escherichia Coli en agua de pozo.....	54
5.4- Resultados de la Visita a la Comunidad.....	55
5.5- Análisis de Resultados.....	56
CAPITULO VI “Conclusiones y Recomendaciones”	
6.1- Conclusiones.....	57
6.2- Recomendaciones.....	58
Bibliografía.....	59
Definición de Términos Básicos.....	63
ANEXOS.....	65

## RESUMEN

El agua es una de las sustancias necesarias para el sostenimiento de la vida, y desde hace mucho tiempo se sabe que es la principal fuente de muchas enfermedades humanas. El agua además juega un papel central tanto como directa o indirectamente en el desarrollo, crecimiento y supervivencia de los seres vivos.

El agua de consumo debe cumplir las siguientes condiciones: ser limpia, inodora, incolora y no contener químicos en su composición. La contaminación del agua se puede dar de diferentes formas, la primera es la que incluyen los contaminantes naturales y la otra forma es a través de los contaminantes generados por el hombre y por sus actividades.

La presente investigación surge a partir de la necesidad que poseen la mayoría de poblaciones de conocer la calidad del agua que están consumiendo. Es así, que el objetivo principal de este trabajo es conocer la Calidad del agua de pozo de la Comunidad el Tesoro 2 en la Ciudad de San Miguel.

El estudio contempla análisis Físicos tales como pH y Temperatura; Análisis Químico como la determinación de la concentración de metales pesados tales como: Plomo, Arsénico, Manganeso, Hierro y Zinc; y un análisis Bacteriológico para determinar la presencia de Bacterias Coliformes Totales, Coliformes fecales y Escherichia coli. Dicho estudio se realizó en el periodo comprendido entre Enero y Julio del 2011.

El tamaño de la muestra tomada para esta investigación fue de 21 pozos, y se les aplicó el análisis Físico, y Bacteriológico, Utilizando placas Petrifilm para el análisis bacteriológico, un termómetro con bulbo de mercurio para medir la temperatura superficial y un pH metro

para medir la acidez y basicidad del agua. Realizando estos análisis en el laboratorio de la Sección de Química del Departamento de Ciencias Naturales y Matemática de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador.

Además se tomaron cinco muestras para analizar Plomo, Arsénico, Manganeso, Hierro y Zinc los cuales fueron enviados al Laboratorio de Servicios Analíticos de Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café (PROCAFÉ) para ser analizados por Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito.

Al obtener los resultados de nuestra investigación se presentó una propuesta a la comunidad de Métodos de Purificación alternativos y de bajo costo, para que ellos los pongan en práctica y así prevenir muchas enfermedades que puedan causar riesgo a la salud de la población.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo estudiar la calidad de agua de pozo en la Comunidad El Tesoro 2 en la ciudad de San Miguel, llevando a cabo un estudio completo de la misma, el cual contempla parámetros Físicos tales como pH y Temperatura. Asimismo parámetros Químicos como la determinación de la concentración de: Plomo, Arsénico, Hierro, Zinc y Manganeseo. Además el Análisis Bacteriológico incluyendo Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli.

La investigación de campo se desarrolló en los meses de Enero hasta Julio del 2011, se realizó el muestreo de agua proveniente de 21 pozos, y el análisis Físico y Bacteriológico se efectuó en el laboratorio de la Sección de Química del Departamento de Ciencias Naturales y Matemática de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador. En el Análisis Bacteriológico se utilizaron placas PETRIFILM mediante las cuales se determinaron Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli. Se tomaron muestras de agua para el análisis químico de Plomo, Arsénico, Hierro, Zinc, y Manganeseo y se enviaron al Laboratorio de Servicios Analíticos de la Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café (PROCAFE), y así se determinó la concentración de los anteriores metales por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito.

Al finalizar la investigación se le presentó una propuesta a la comunidad sobre métodos de purificación de agua a bajo costo dentro de los cuales están: El Método de Filtración utilizando arena, carbón y grava, el Método Solar de Desinfección de agua (Método Sodis).



# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 ANTECEDENTES DEL FENOMENO**

El agua potable juega un papel central, tanto directa como indirectamente en el desarrollo, crecimiento y supervivencia de los seres vivos, es un componente primordial para la higiene personal y comunitaria.

Debido a la situación en que se encuentran las comunidades hoy en día con respecto a la calidad del agua que consumen, muchas de ellas se ven en la necesidad de recurrir a ciertas instituciones para verificar la calidad de dicha agua, tales como la Universidad de El Salvador y El Ministerio de Salud etc.

La comunidad El Tesoro 2 en la ciudad de San Miguel se vio en la necesidad de solicitar un estudio de la calidad del agua de pozo a esta facultad. Debido a que estos, se encuentran cerca de letrinas y fosas sépticas, y no reciben ningún tipo de tratamiento. En vista de tal necesidad, nosotros como estudiantes egresados de la Universidad de El Salvador, Facultad multidisciplinaria Oriental, de la carrera de Licenciatura en Ciencias Químicas, hemos decidido:

Trabajar en la resolución de dicha situación como forma de contribución a la ciencia mediante la investigación. Realizando un estudio completo del agua de la comunidad, dentro de los cuales se determinara lo siguiente: Análisis Físico, Químico y Bacteriológico del Agua con el propósito de orientar a la comunidad en la prevención de enfermedades y que consuman agua apta para el consumo humano.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Comunidad El Tesoro 2, ubicada en el Municipio de San Miguel, se abastece de agua para consumo humano mediante pozos artesanales pocos profundos. Debido a que la mayoría de la población consume el agua de dichos pozos; ellos se ven en la necesidad de conocer la calidad de agua que están consumiendo. Por esta razón, en coordinación con el Lic. Nelson Ulises Martínez en la asignatura de Atención Comunitaria de la Carrera de Doctorado en Medicina y con la colaboración de un representante del ADESCO de la Comunidad El Tesoro 2 se realiza el estudio de la calidad del agua.

Con los resultados obtenidos de la investigación es necesario proponer métodos de purificación para que ellos los pongan en práctica y así prevenir muchas de las enfermedades que puedan poner en riesgo la salud de la población.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua de consumo debe cumplir las siguientes condiciones: ser limpia, inodora, incolora y no contener químicos en su composición. La contaminación del agua se puede dar de diferentes formas, la primera es la que incluyen los contaminantes naturales y la otra forma es a través de los contaminantes generados por el hombre y por sus actividades.

Los habitantes de la Comunidad El Tesoro 2 de la Ciudad de San Miguel consumen agua de pozo sin ningún tipo de tratamiento, y no poseen un sistema de alcantarillado para aguas negras, además de construir letrinas y fosas cerca de los pozos, muchos de ellos a corta distancia y con poca profundidad .

Así mediante esta investigación se pretende estudiar la calidad del agua de pozo y proponer métodos de purificación a la Comunidad El Tesoro 2, en la Ciudad de San Miguel.

El estudio contempla análisis Físico–Químico y Bacteriológico cuyos resultados servirán para una propuesta de métodos de purificación alternativos como: el Método solar de desinfección de agua ( Método Sodis) y el Método de Filtración.

#### **1.4 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

El agua de pozo que consumen los habitantes de la Comunidad El Tesoro 2 no tiene ningún tipo de tratamiento lo cual implica un estudio de la calidad del agua.

## 1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

### 1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- ✿ Estudiar la calidad del agua de pozo y proponer métodos de purificación.

### 1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✿ Efectuar Análisis Físico en muestras de agua de pozo de parámetros tales como pH y Temperatura
- ✿ Determinar la concentración de Plomo, Arsénico, Hierro, Zinc y Manganeso en muestras de agua de pozo por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito.
- ✿ Desarrollar el Análisis Bacteriológico en muestras de agua de pozo para determinar la presencia o ausencias de Coliformes Totales, Coliformes Fecales Y Escherichia Coli.
- ✿ Comparar los resultados obtenidos del análisis Físico, Químico y Bacteriológico con los valores establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
- ✿ Ensayar el método de filtración y de energía solar para el tratamiento alternativo de purificación del agua de pozo.
- ✿ Proponer a la comunidad los métodos alternativos, filtración y método solar de purificación de agua (método Sodis).

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 EL AGUA: PERSPECTIVA GLOBAL**

El agua es una de las sustancias necesarias para el sostenimiento de la vida y desde hace mucho tiempo se sabe que la contaminación de ésta es la fuente muchas enfermedades humanas. No fue hasta unos 150 años que se comprobó definitivamente que la trasmisión de algunas enfermedades es a través del agua. Durante muchos años la consideración más importante fue la creación de suministros de agua, adecuados, higiénicos y seguros<sup>1</sup> el agua es importante para la vida ya que constituye el principal componente del protoplasma celular y representa los dos tercios del peso total del hombre y hasta nueve decimas partes del peso de los vegetales.<sup>2</sup> Vivimos literalmente en un mundo de agua. Todos los organismos vivos dependen de forma absoluta del agua. Las reacciones bioquímicas producidas en cada célula tienen lugar en medio acuoso, y es el medio de transporte de los nutrientes requeridos por la célula y de los productos de desechos excretados por la misma.<sup>3</sup>

#### **2.2 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA**

La temperatura del agua en el medio natural puede encontrarse entre cero y el punto de ebullición, aunque normalmente suele estar comprendida entre cero y 30<sup>0</sup> C. El valor de la temperatura depende de muchos factores, por ejemplo: el clima, la temperatura del aire, la altitud, la estación del año, el flujo, la profundidad y descargas al medio. Por otra parte la temperatura del agua subterránea presenta pocas oscilaciones estacionales dependiendo

de la profundidad del suelo que se considere, así para suelos poco permeables desaparece la influencia de la temperatura atmosférica a los pocos metros de profundidad.

Normalmente la temperatura de las aguas subterráneas está comprendida entre 5 y 13°C aumentando con la profundidad. Se denomina grado geotérmico a la profundidad que es necesario descender para obtener un aumento de la temperatura del agua de 1°C. Por término medio, el grado geotérmico es de 33m aunque normalmente oscila entre 15 y 50 m. Se denomina aguas termales a aquellas cuya temperatura en el punto de emergencia es superior a 25°C.

Otras propiedades organolépticas son:

🍷 Sabor

🍷 Olor

🍷 Color

🍷 Turbidez

## **2.3 CICLO DEL AGUA**

La energía solar es el motor de la circulación del agua en el sistema terrestre, la cual puede considerarse como un sistema cerrado en el que no existen pérdidas del material.

La circulación del agua a través de los diferentes reservorios naturales se conoce como Ciclo del agua.

Una parte del ciclo del agua está representado en la figura 1 en el que se esquematiza el balance hidrológico del agua continental. El agua de precipitación llena los poros del

suelo hasta saturarlos y el agua sobrante fluye por la superficie en forma de escorrentía torrentes o ríos.

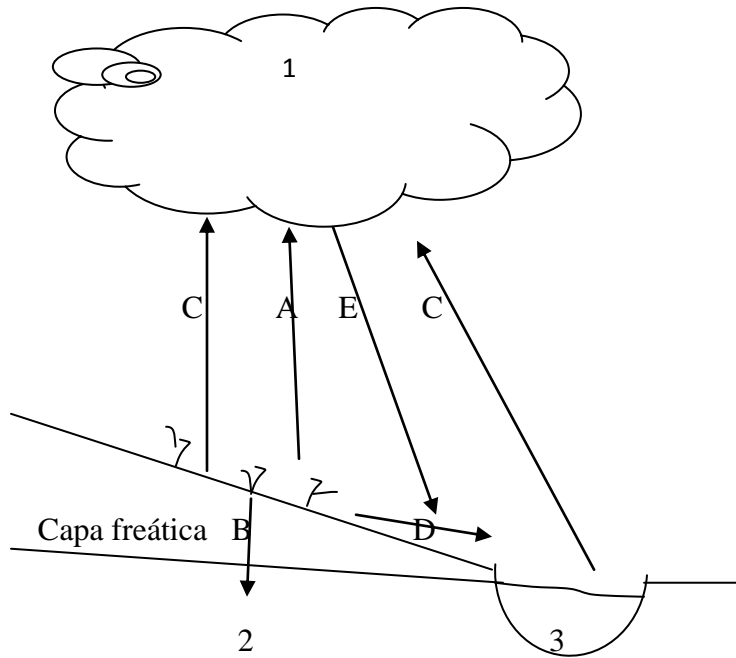


Figura 1: Ciclo Hidrológico Continental. Distribución del Agua en los Diferentes Reservorios 1: Agua Atmosférica 2: Agua Subterránea 3: Agua Superficial A. Traspiración B. Percolación C. Evaporación D. Escorrentía y E. Precipitación.

En realidad cabe distinguir entre agua edáfica y agua subterránea, la primera más superficial, está sujeta a la evaporación y a la absorción por parte de la vegetación y, por tanto no llena completamente los poros del suelo ni las grietas de las rocas. Por el contrario el agua subterránea es aquella que llena los poros formando un nivel continuo de líquido. El nivel superior que forma el agua subterránea se denomina nivel freático y las interfaces por el suelo y las rocas saturadas de agua acuíferos



## **2.4 DISTRIBUCION GLOBAL DEL AGUA.**

Anualmente se depositan sobre la tierra  $111,000\text{km}^3$  de agua, de los que  $70,000\text{km}^3$  retornan a la atmósfera mediante proceso de evaporación desde las superficies húmedas y de traspiración desde las plantas; a ambos procesos se les denomina conjuntamente como evapotranspiración. La cantidad restante  $41,000\text{km}^3$  constituye la escorrentía, agua que desemboca finalmente en los océanos. Si dividiéramos equitativamente la cantidad de agua de escorrentía entre la población mundial considerando la población del 2000 a cada habitante le correspondiera  $6760\text{m}^3$  anuales de agua fresca. Sin embargo en la actualidad esta distribución no resulta equitativa. La pluviosidad es mayor en unos continentes que en otros y las variaciones dentro de un mismo continente son muy grandes.<sup>3</sup>

## **2.5 TIPOS DE AGUAS NATURALES.**

Según el origen natural, el agua puede clasificarse en: agua atmosférica, agua superficial y agua subterránea.

**2.5.1 Agua Atmosférica:** corresponde al agua líquida natural presente en la atmosfera. Esta se concentra prácticamente toda en las nubes, el contenido de agua en las nubes es entre mil y cien mil veces mayor que el contenido en los aerosoles atmosféricos.

**2.5.2 Agua Superficial:** exceptuando el agua marina se pueden distinguir tres tipos de agua el agua de escorrentía, la retenida en los reservorios naturales o artificiales y el agua de estuario.

**2.5.3 Agua Subterránea:** el agua subterránea se localiza en la zona saturada del subsuelo, es decir, donde todos los poros están llenos de agua. Esta agua tiene su origen en la infiltración del agua superficial, lo cual hace que varíe su composición química, enriqueciéndose de elementos minerales y empobreciéndose de materia orgánica. Gracias a ello el agua subterránea, usualmente, es de gran calidad para el consumo.<sup>4</sup>

## 2.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA

Básicamente la composición natural de las aguas depende de cuatro factores:

- 🌿 La presencia de materia orgánica en disolución o en suspensión
- 🌿 La concentración de oxígeno disuelto
- 🌿 La concentración de CO<sub>2</sub>
- 🌿 Los procesos químicos que ocurren durante la circulación del agua

Habitualmente la concentración de materia orgánica en las aguas continentales es de algunos miligramos por litros, sobrepasando algunas veces los 50mg/l. La concentración de materia orgánica se suele medir por parámetros globales que no distinguen la naturaleza de los distintos tipos orgánicos presentes en el agua. Por ejemplo, un parámetro que indica la cantidad de materia orgánica presente es el TOC (carbón orgánico total), este parámetro se obtiene analizando monóxido de carbono generado por combustión de una muestra de agua, a la que se ha eliminado previamente los compuestos inorgánicos carbonados. Otros parámetros que definen la cantidad de materia orgánica en el agua son la Demanda Química de Oxígeno y el BOD (Demanda de Oxígeno Biológico).

## 2.7 PROCESOS QUÍMICOS EN EL AGUA

Las reacciones químicas que ocurren en el medio acuático son fundamentalmente de tres tipos: reacciones de oxidación y reducción, de ácido –bases y de complejación. Estos procesos son los que en último término definen la composición química del agua.

En consecuencia se establecen flujos de materia entre los distintos medios naturales y tienen lugar procesos químicos que alteran la composición química del agua, a continuación se describen las principales especies químicas inorgánicas que se encuentran comúnmente en el agua.

### 2.7.1 CONSTITUYENTES INORGÁNICOS EN LAS AGUAS NATURALES

Especies mayoritarias 1 a 1000ppm	$\text{Na}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$
Especies secundarios 0,1 <sup>a</sup> 10 ppm	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{K}^+$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{F}^-$ , $\text{H}_3\text{BO}_3$
Especies trazas $> 10^{-3}$ ppm	Be, Bi, Cs; Au, Pt, Ra, Ag, Sn

## 2.8 AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SALVADOR

En el Salvador, La zona norte se caracteriza geológicamente por formaciones volcánicas de reducida permeabilidad subterránea que permite depósitos acuíferos. En las zonas intermedias y costeras, existen acuíferos en materiales piroclásticos, sedimentos aluviales y materiales volcánicos cuaternarios. Los acuíferos más conocidos son los correspondientes a las áreas de Quezaltepeque –Opico (El playón), San Salvador, Santa Ana, Omoa -Singuil, Chalchuapa –Atiquizaya, Sonsonate- Acajutla, Jiboa -Lempa, Lempa-

Jiquilisco, Usulután –Vado Marín, San Miguel y Cantora-Olomega, constituyendo un 32% al territorio nacional (6631km<sup>2</sup>).<sup>5</sup> (Ver anexo 1)

## **2.9 DINAMICA DE LA DEGRADACION AMBIENTAL: LA SITUACION ACTUAL EN NUESTRO PAIS.**

Los históricos problemas de la deforestación y erosión, se conjugan ahora con una mayor degradación de las fuentes de agua, lo que se expresa en una menor disponibilidad, en cuanto a cantidad y calidad, de dicho recurso. Estas tendencias sumadas a la herencia del pasado, tienen impactos sumamente negativos. La creciente concentración de población y actividades económicas en las áreas urbanas, por un lado, y la devastación de las áreas rurales, por el otro, generan una dinámica de degradación ambiental, mucho más depredadora que en el pasado<sup>6</sup>

En los años sesenta y setenta, cuando la agricultura todavía era la columna vertebral de la economía salvadoreña, sobresalía en América latina por el alto grado de deterioro de sus recursos naturales asociados a la deforestación, erosión y contaminación por agroquímicos<sup>7</sup>

Actualmente las diferencias en la demanda regional del agua son muy grandes y constituyen un fértil terreno para futuras disputas entre las regiones. Para atender la creciente demanda de agua en las regiones cercanas a las ciudades, por ejemplo AMSS Área Metropolitana de San Salvador se han ejecutado proyectos para traer agua superficial de río Lempa aguas arriba del embalse del Cerrón Grande. Esto significa extraer agua de una región pobre que sufre un proceso de degradación de la tierra.

Además este bombeo de agua, relativamente poco contaminada, sufre continuas interrupciones debido a los altos niveles de sedimentación del río. Los sedimentos generan niveles inaceptablemente elevados de turbidez del agua para consumo doméstico, así como obstáculos físicos para su distribución y daños en el equipo de bombeo.<sup>6</sup>

En El Salvador en los años de 1997 y 2000 se realizó una investigación sobre la contaminación del río Lempa y sus efluentes, determinando una serie de parámetros tales como: Plomo, Hierro, Cromo, Níquel, Mercurio, Potasio, Cadmio, Cloro Nitrógeno ; Oxígeno Disuelto OD, DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y aniones Fosfato, Sulfatos, Nitritos, Nitratos y además pH. En todos los efluentes analizados se encontró un alto índice de contaminación y al pasar los años esto va creciendo lo cual es perjudicial para la salud de la población que se abastece de este recurso hídrico.<sup>8</sup>

En la zona Oriental de nuestro país han realizado investigaciones en agua de pozos, así en el año 2006 en el Municipio de Ozatlán se cuantificó la presencia de metales pesados como: Plomo, Mercurio, Cadmio, Arsénico y Cromo presentando 2 pozos valores altos de Cadmio que sobrepasan los valores establecidos por la NSOPCAP<sup>10</sup>. En el año 2010 en el Caserío las Casitas del Municipio de San Miguel se estudió la presencia de Plomo en el agua de pozos, obteniéndose concentraciones bajas de este metal con respecto a lo establecido por la referida Norma, es importante señalar que los pozos se encuentran cercanos al ex botadero Municipal que ahora es relleno sanitario.<sup>11</sup>

## **2.10 CALIDAD DEL AGUA, CONTAMINACION DEL AGUA Y TIPOS DE CONTAMINANTES.**

El termino Calidad del agua; presenta grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas, inorgánicas y la composición y estado de la biota encontrado en el cuerpo del agua.<sup>18</sup>

La calidad del agua es tan importante como su cantidad. Aunque una vez utilizada la mayoría de aguas retorna a sus causas originales, inevitablemente, su calidad se degrada debido a que el agua subterránea se mueve a través de las rocas y la tierra del subsuelo, puede fácilmente disolver sustancias durante este movimiento. Por dicha razón, el agua subterránea muy frecuentemente puede contener más sustancias que las halladas en el agua superficial.<sup>14</sup>

Las aguas naturales son soluciones diluidas que contienen muchos compuestos químicos. El agua natural contiene diversas materias suspendidas y partículas coloidales. La presencia de casi todas estas impurezas se debe a procesos naturales, y es imposible eliminarlas. La calidad del agua dulce se puede afectar negativamente por adición de otras impurezas debidas a las actividades del hombre.<sup>19</sup>

La contaminación del agua puede definirse como la modificación de las propiedades físicas, químicas o biológicas que restringen su uso. Las sustancias que modifican la calidad del agua de los acuíferos se dividen en: las presentes en la naturaleza y en aquellas producidas por las actividades del hombre (antropogénicas). Dentro de las primeras se encuentran: Arsénico, Flúor y elementos radiactivos, entre otros; mientras que en las

segundas se incluyen bacterias, virus, nitratos, compuestos orgánicos sintéticos e hidrocarburos (solventes, pesticidas, etc.) y metales pesados. Las fuentes de contaminación se pueden originar en la superficie del terreno, por ejemplo, la agricultura; en el subsuelo por arriba del nivel freático, por ejemplo, basureros a cielo abierto; y en el subsuelo por debajo del nivel freático, como es el caso de pozos abandonados. Las fosas sépticas son, quizá, las fuentes de aguas residuales que más contribuyen a la contaminación del agua subterránea.<sup>14</sup>

## **2.11 PRINCIPALES CONTAMINANTES METALICOS**

Los metales son contaminantes ubicuos que han acompañado al hombre desde la más remota antigüedad. A diferencia de otros contaminantes ambientales, los metales son elementos químicos que el hombre no crea ni destruye. El papel que el hombre desempeña en la presencia ambiental de metales es por una parte introducir en el medio ambiente estos elementos como consecuencia de las distintas actividades humanas y por otra alterar la forma química o bioquímica en que se encuentra. Los metales están sujetos de forma natural a ciclos biogeoquímicos que determinan su presencia y concentración en los compartimentos ambientales, suelos, aguas subterráneas y superficiales, aire y seres vivos. Desde el punto de vista toxicológico, los metales pueden presentar, una usada multiplicidad de efectos tóxicos enorme, teniendo en cuenta la extensión de sus usos industriales y domésticos y su persistencia medio ambiental.<sup>11</sup>

## **2.12 PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS Y BACTERIOLOGICOS DEL AGUA.**

### **2.12.1 CLASIFICACION DE LOS PARAMETROS:**

🌿 Físicos como pH y Temperatura

🌿 Dentro de los Químicos tenemos los metales, ejemplo: Plomo, Arsénico, Zinc, Hierro y Manganeseo.

🌿 Bacteriológicos. tenemos: Bacterias Anaerobias, Aerobias, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia coli

## **2.13 PARÁMETROS FÍSICOS**

### **2.13.1 pH**

Es una medida utilizada por la química para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido.<sup>9</sup>

### **2.13.2 TEMPERATURA**

Es una medida utilizada por la física y la química, que expresa el nivel de agitación que poseen los átomos de un cuerpo (concepto también aplicable al ambiente, que es un cuerpo gaseoso).<sup>10</sup>

## **2.14 PARÁMETROS QUÍMICOS**

### **2.14.1 PLOMO**

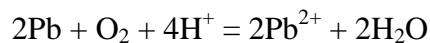
De todas las sustancias químicas tóxicas presentes en el medio ambiente, el Plomo es la más persistente; origina anualmente miles de envenenamientos, especialmente en niños. A



diferencia del Cadmio, las plantas no acumulan Plomo, sin embargo es un contaminante habitual de los alimentos debido a su abundante presencia en las partículas de polvo los cuales pueden depositarse sobre las cosechas o durante el procesado de los alimentos. Los alimentos y la ingestión directa de las partículas de polvo son la causa mayoritaria de la ingesta de plomo.<sup>3</sup>

El plomo presente en el agua de los grifos procede en cierta medida de fuentes naturales por disolución, pero, sobre todo, de los sistemas de fontanería domésticos cuyas tuberías, soldaduras y accesorios contienen este elemento o de las conexiones con las viviendas. La cantidad de plomo disuelta en el agua que procede de las instalaciones de fontanería depende de varios factores, en particular el pH, temperatura, la dureza del agua y el tiempo en que esta permanece en las cañerías. El agua blanda y ácida es la que mejor disuelve el plomo<sup>8</sup>

Una ruta de exposición al plomo distinta a la ingestión de polvo o alimentos es el agua potable, Generalmente se recomienda en viviendas antiguas dejar correr el agua antes de consumirla con el fin de eliminar el agua que se ha quedado estancada durante la noche. En contacto con el oxígeno contenido con el agua, el Plomo metálico se oxida y solubiliza según la reacción.<sup>3</sup>



### **2.14.2 EFECTOS DEL PLOMO EN LA SALUD**

Una vez absorbido por el organismo, el Plomo penetra en la corriente sanguínea donde es transportada hacia los tejidos blandos. Así mismo, debido a su similitud en radio iónico con

el  $\text{Ca}^{2+}$ , se deposita fácilmente en los huesos. El contenido del Plomo en los huesos se incrementa con la edad y puede mobilizarse y pasar de nuevo a la sangre y en los tejidos nerviosos. El Plomo inhibe la enzima encargada de la síntesis del grupo hemo, el complejo de hierro porfirina que se une a la hemoglobina y actúa como punto de unión del oxígeno molecular.<sup>3</sup>

El Plomo es un tóxico que se acumula en el esqueleto. De los lactantes, los niños hasta los 6 años de edad son los más vulnerables a sus efectos negativos para la salud, absorbe con concentraciones en la sangre de solo 5mg/dl .produce inhibición de la actividad, aunque no se atribuye efectos perjudiciales a la inhibición a este nivel. El plomo dificulta el metabolismo del Calcio, tanto directamente como a través de su acción sobre el metabolismo de la vitamina D. estos efectos se han observado en los niños con concentraciones en sangre de 12 a 120 mg/dl.<sup>8</sup>

El Plomo depositado en los huesos se intercambia fácilmente con la sangre, por lo que el depósito en los huesos constituye en todo momento una posible fuente de Plomo para todo el organismo. Aunque el Plomo se encuentra en todo el tejido, los órganos en los que aparece en mayor medida, por detrás de los huesos, son el hígado, los riñones y el sistema nervioso central. La excreción tiene lugar fundamentalmente en la orina, aunque también aparece en el sudor y en la leche materna. La intoxicación aguda con Plomo es muy infrecuente y tiene lugar por ingestión de sus compuestos o inhalación de vapores. Los síntomas de la intoxicación aguda son, en primer lugar sequedad en la boca, sed y gusto metálico, seguido por náuseas, vómitos y dolores abdominales. Hasta producir cáncer de diferentes tipos.<sup>11</sup>

### 2.14.3 ARSENICO

Es muy abundante en la naturaleza, se introduce al medio ambiente en forma natural a través del agua, por la erosión de rocas superficiales y volcánicas, generalmente aparece en vertientes calientes, se encuentra en todos los seres vivos. Entre las fuentes antropogénicas se encuentran ; uso en minerías (principalmente) , fundiciones de metales, geotérmicas, vidrio , combustible , plaguicidas, esterilización de suelo, preservadores de madera, antiparasitarios en baños para ovejas y cabras. También Se encuentra en la naturaleza en forma libre y combinada, generalmente en forma pentavalente, existen 150 minerales que lo contienen. Las formas en que se encuentra el arsénico son: gas arsina  $H_3As$ , orgánico e inorgánico (Trióxido de Arsénico, pentóxido de Arsénico). Los productos movilizados por el hombre incluyen el Arsénico metálico, pentóxido y el trióxido. Los arseniatos de Calcio, Plomo, y los Arsenicales orgánicos.<sup>12</sup>

Está demostrado que el arsénico inorgánico es carcinógeno para los seres humanos y se clasifica en el grupo 1. En poblaciones que consumen agua con altas concentraciones de arsénico, se ha observado incidencia relativamente elevada de cáncer de la piel y posiblemente de otros tipos, que aumentan con la dosis y la edad.<sup>8</sup>

Las principales rutas de exposición del Arsénico son: por ingestión de alimentos, aguas de bebidas y la inhalación de partículas. La excreción del Arsénico tiene lugar fundamentalmente en la orina, también a través de descamaciones de la piel y a través del sudor.<sup>11</sup>

En el organismo se concentra en los leucocitos y se acumula fundamentalmente igual que el Plomo en pelo, uñas y dientes, así como también en la piel, el hígado, riñón y pulmón. Tiene capacidad de biotransportarse en el organismo. Se ha demostrado que la prolongación de exposición a este agente químico causa cáncer sobre la piel pulmón y vejiga. Lo cual lo convierte en un elemento con una alta toxicidad. Considerando que es muy abundante en la naturaleza, en El Salvador existe Arsénico en el agua debido a las diversas fuentes geotérmicas de agua y lagos de origen volcánico con altos contenidos de arsénico. El análisis de la EPA sugiere bajar el actual estándar de 50 (0.05mg/L) a 10-20 (0.01-0.02mg/L) dado que la exposición a 50 puede causar 31.33% casos de cáncer de la piel por cada 1000 habitantes.<sup>12</sup>

#### **2.14.4 ANTIMONIO**

El Antimonio es liberado al ambiente desde fuentes naturales e industriales. Puede permanecer en el aire adherido a partículas muy pequeñas por muchos días. La mayoría del Antimonio en el aire se deposita en el suelo, en donde se adhiere firmemente a partículas que contienen Hierro, Manganeso o Aluminio. El aire que respiramos si contiene altos niveles de Antimonio por períodos muy largos puede irritar los ojos y los pulmones y puede causar problemas respiratorios, del corazón, y del estómago.

El límite de exposición ocupacional es 0,5 mg de Antimonio por m<sup>3</sup> de aire por un día laborable de 8 h. El nivel máximo permitido del Antimonio en agua potable en Europa es 0,006 ppm. En el aire urbano las principales fuentes de Antimonio son las combustiones de combustibles fósiles en vehículos automotores, centrales eléctricas, y las incineradoras.<sup>13</sup>

La exposición aguda de humos que contienen compuestos de Antimonio, como el tricloruro, trióxido o trisulfuro de antimonio, produce rinitis y puede llegar a causar además pulmonar. la inhalación crónica de compuestos de Antimonio da lugar a la aparición de rinitis, faringitis y a largo plazo bronquitis y neumoconiosis, con desarrollo de enfermedad pulmonar obstructiva crónica ( enfisema ). También se han descrito casos de irritación cutánea caracterizados por la aparición de erupciones transitorias en la piel de los trabajadores expuestos por esta vía. La exposición a compuestos de Antimonio causa lesiones cardíacas, efecto demostrado tanto en el medio laboral como en personas tratadas con compuesto de Antimonio utilizados como medicamentos.<sup>11</sup>

#### **2.14.5 HIERRO**

El Hierro es uno de los metales más abundante en la corteza terrestre. se encuentra en las aguas, corrientes naturales, en concentraciones que varían de 0.5 mg/L. también puede estar presente en el agua de bebida debido a la utilización de coagulante de Hierro o corrosión de las tuberías de acero y Hierro fundido durante el proceso de distribución.

El Hierro es un elemento indispensable de la nutrición humana. Las necesidades mínimas diarias de este metal dependen de la edad, el sexo, el estado fisiológico y la biodisponibilidad del Hierro y oscilan entre 10mg y 50mg diarios. Como precaución contra la acumulación de volumen excesivo de Hierro En el organismo, el Comité Mixto FAO/OMS Expertos en Aditivos Alimentarios estableció en 1983 la ingesta diaria tolerable máxima provisional, de 0.8mg/kg de peso corporal, que se aplica al Hierro de todas la fuentes con excepción de los óxidos de hierro utilizados como colorantes y los

suplementos de Hierro administrado durante el embarazo y la lactancia o por razones clínicas concretas. La asignación de 10 % de esta IDTMP al agua potable proporciona el valor de 2mg/L, que no representa un riesgo para la salud, por lo general concentraciones inferiores afectan el sabor y la apariencia del agua.<sup>8</sup>

El Hierro en los suministros de aguas procedentes del subsuelo en zonas rurales es muy frecuente: los niveles de concentración van entre rangos de 0 a 50mg/L, mientras la OMS recomienda niveles de <0.3mg/L. El Hierro ocurre de manera natural en acuíferos pero los niveles de aguas subterráneas pueden aumentar por disolución de rocas ferrosas. Las aguas subterráneas que tienen Hierro son normalmente de color naranja y provoca el destiño en las ropas lavadas, y además tienen un sabor desagradable, que se puede notar en el agua y en la cocina.<sup>14</sup>

#### **2.14.6 ZINC**

El Zinc es un nutriente esencial, necesario como integrante de más de 200 enzimas entre las que se encuentran oxidorreductasas, transferasas, hidrolasas, liasas, isomerasas y

Oligasas, de la que es cofactor. El Zinc es un elemento esencial para el desarrollo y funcionamiento del sistema nervioso y es también necesario en el metabolismo de la vitamina A. Por otro lado interactúa con otros metales en el organismo, así los niveles plasmáticos del Zinc y Cobre presentan comportamientos opuestos. La ingestión de grandes cantidades de Zinc provoca deficiencia en Cobre y viceversa. El Zinc influye en el metabolismo del Calcio, ya que es necesaria la presencia de Zinc para la mineralización de los huesos. El Zinc se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Sin embargo,

se cree que aproximadamente la mitad de la población mundial presenta riesgo de desarrollo de enfermedades carenciales debido al predominio en la dieta de cereales y legumbres, con elevado contenido de ácido fítico, que forma fitato de Zinc insoluble que impide la absorción intestinal del metal.<sup>11</sup> En suelos y aguas, el Zinc tiende a absorberse a la fracción sólida especialmente a la materia orgánica, arcillas, a óxidos e hidróxidos de Hierro y Manganeso, también forma complejos con la materia orgánica disuelta, como los ácidos húmicos. La movilidad del Zinc aumenta considerablemente al descender el pH, ya que aumenta su solubilidad y el grado de disociación de los complejos orgánicos, y disminuye su absorción a las superficies de la matriz sólida. Por lo tanto el Zinc puede incorporarse al lixiviado y desplazarse hacia las aguas subterráneas fundamentalmente en medios ácidos, como los encontrados en residuos mineros.<sup>11</sup>

#### **2.14.7 MANGANESO**

Su presencia en aguas naturales bien oxigenadas no es importante, ya que los compuestos solubles del Manganeso corresponden al metal divalente, que en medios aireados se oxida precipitando oxihidróxidos poco solubles. Puede encontrarse bien en forma disuelta, coloidal o asociado a materias orgánicas que lo estabilizan fuertemente: esto implica dificultades caras a su eliminación en la estación potabilizadora de aguas. En general sus concentraciones medias oscilan entre pocos mg/l y 0,5 mg/l. Existe la evidencia de que el Manganeso se encuentra en las aguas superficiales tanto en suspensión en su forma tetravalente, como en la forma trivalente en un complejo soluble relativamente estable. Aunque raramente sobrepasa 1 mg/l, el Manganeso produce manchas tenaces en la ropa lavada, y en accesorios de instalaciones sanitarias. Los bajos límites de Manganeso

impuestos para un agua aceptable derivan de lo anterior más que de consideraciones toxicológicas. Frecuentemente se necesita medios especiales de eliminación, tales como precipitación química, ajuste de pH, aireación y empleo de materiales especiales de intercambio iónico. El Manganeseo se encuentra las aguas residuales domésticas, efluentes industriales y corrientes receptoras. El comportamiento del Manganeseo es similar al del Hierro pues se trata de dos metales que frecuentemente se hallan asociados.<sup>15</sup>

## **2.15 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS**

### **2.15.1 BACTERIAS PATÓGENAS.**

Entre las bacterias parásitas hay algunas que al crecer producen sustancias que son venenosas para el huésped, el cual adquiere así un estado que se llama enfermedad. Algunas de estas bacterias son patógenas con respecto a los seres humanos .otras bacterias son patógenas solamente para cierto tipo de animales de sangre caliente , y otras solamente lo características propias de su clase , pero que cuando pueden entrar al cuerpo de un animal producen sustancias que causan enfermedades , tales como el ántrax o el tétano en el cuerpo del animal invadido, a estas bacterias saprófitas especiales se les llama también patógenas.<sup>16</sup>

### **2.15.2 REQUERIMIENTO DE TEMPERATURA.**

Las bacterias son muy sensibles al calor. algunas viven mejor a las temperaturas del ambiente ,o sea de 15 a20 °C. algunas especialmente las formas parasitarias , requieren de temperaturas mayores , generalmente la del cuerpo de los animales vivos , que es de 37° C. otras pueden vivir solamente a muy bajas temperaturas , apenas sobre el punto de



congelación del agua. Cualquier cambio notable en la temperatura óptima requerida por una bacteria específica causa una disminución en sus actividades y si es suficientemente grave, puede causar su muerte. Si la temperatura del ambiente se eleva hasta la ebullición del agua, casi todos los tipos de bacterias son destruidos.<sup>16</sup>

### **2.15.3 REQUERIMIENTO DE HUMEDAD**

Las bacterias requieren de un medio húmedo para que sus actividades sean más eficaces. Si se separan de tal medio por cualquier lapso de tiempo y tiene lugar de desecación, las células de las bacterias son destruidas. En condiciones óptimas del medio en cuanto a temperatura, humedad, abastecimiento de comida y oxígeno, las bacterias se multiplicarán y crecerán al máximo, produciendo asimismo su máxima cantidad de trabajo. Cualquier cambio en las condiciones del medio causará una disminución inmediata en su ritmo de crecimiento y finalmente la muerte y destrucción de las formas vivas.<sup>16</sup>

## **2.16 CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA DEL AGUA**

El agua puede contaminarse por diferentes bacterias dentro ellas tenemos:

### **2.16.1 BACTERIAS AEROBIAS**

Todas las bacterias requieren oxígeno para su proceso de crecimiento.

Algunas lo requieren de forma gaseosa elemental, la cual obtienen del aire, a tales bacterias se les conoce como aerobias.<sup>17</sup>

**2.16.2 BACTERIAS ANAEROBIAS.** Algunas bacterias no pueden vivir en presencia de oxígeno gaseoso libre, si no que tienen que obtener el oxígeno que necesitan para su

respiración descomponiendo o destruyendo sustancias complejas, a estas bacterias se les conoce como anaerobias.<sup>17</sup>

### **2.16.3 COLIFORMES TOTALES:**

Son bacterias en forma de bacilos, anaerobios facultativo, gramnegativo, no formadores de esporas, son indicadores de contaminación microbiana.<sup>17</sup>

**2.16.4 COLIFORMES FECALES:** son bacterias Coliformes que se multiplican a 44 °C en su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente.<sup>17</sup>

### **2.16.5 ESCHERICHA COLI**

Bacterias anaerobias y aerobias facultativas gramnegativo no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal.<sup>17</sup>

## CAPÍTULO III

### SISTEMA DE HIPOTESIS

#### 3.1 HIPOTESIS

🌿 **H1:** Los valores de pH y Temperatura superan los parámetros máximos admisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

🌿 **Ho.** Los valores de pH y Temperatura no superan los parámetros máximos admisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable

🌿 **H2:** La Concentración de Plomo, Arsénico, Manganeso, Zinc y Hierro en agua de pozo supera el valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

🌿 **Ho.** La Concentración de Plomo, Arsénico, Manganeso, Zinc y Hierro en agua de pozo no supera el valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

🌿 **H3:** Las Unidades Formadoras de Colonias de Bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli, superan los valores máximos admisibles de la Norma Salvadoreña obligatoria Para la Calidad del Agua Potable.

✿ **H0.** Las Unidades Formadoras de Colonias de Bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli, no superan los valores máximos admisibles de la Norma Salvadoreña Obligatoria Para la Calidad del Agua Potable.

## **3.2 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES**

### **3.2.1 VARIABLES DE ESTUDIO**

✿ **H1:** Los parámetros de pH y Temperatura en el agua de Pozo.

✿ **H2:** La Concentración de Plomo, Arsénico, Manganeso, zinc y Hierro en el agua de pozo.

✿ **H3:** La presencia de Unidades Formadoras de Colonias de Bacterias Coliformes Totales, Coliformes fecales y Escherichia Coli en el agua de pozo.

## **3.3 DEFINICIÓN CONCEPTUAL**

✿ **H1:** a) Valores de Acidez o basicidad en términos de pH en el agua de pozo.

b) Valores de temperatura en grados Celsius en el agua de pozo.

✿ **H2:** Cantidad de Plomo, Arsénico, Manganeso, Zinc y Hierro en miligramos por Litro contenido en agua de pozo.

🌿 **H3:** Unidades Formadoras de Colonias Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia coli por mililitro contenidas en el agua de pozo.

### 3.4 DEFINICIONES OPERACIONALES

🌿 **H1:** a) Medición de Temperatura en grado Celsius con un termómetro de bulbo de mercurio y una escala de -10 a 200 grados Celsius.

🌿 b) Valores de acidez y basicidad medida con un pH metro FISHER SCIENTIFIC Modelo AB15 Marca ACCUMET, realizados en el laboratorio de la Sección de Química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador, y los resultados se compara con el valor establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

🌿 **H2:** Medición de la cantidad de Plomo, Arsénico, Manganeso, Zinc y Hierro expresada en miligramos por Litro en muestras de agua, realizada en el Laboratorio mediante un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito y este resultado se compara con el valor establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

🌿 **H3:** Determinación de presencia o ausencia de Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli, realizado en el laboratorio de la Sección de Química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador; mediante Placas Petrifilm para el Recuento de

Bacterias, los resultados serán comparados con el valor establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

### **3.5 PRUEBA DE HIPOTESIS**

✿ La hipótesis  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  se comprobará comparando los resultados obtenidos con el valor establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO METODOLÓGICO

#### 4.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es Descriptivo<sup>23</sup> y comprende cuatro partes:

- ✿ La primera consiste en parámetros físicos tales como pH y Temperatura de 21 pozos y comparar los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable en los periodos de Enero a Julio del año 2011.(Ver anexo 2 Norma)
- ✿ La segunda consiste en medir la Concentración de Plomo ,Arsénico ,Hierro ,Zinc y Manganeseo en el agua de 5 pozos durante el periodo de Enero a Julio del año 2011 y comparar los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
- ✿ La tercera es: determinar la presencia o ausencia de Bacterias Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia coli en el agua de pozo, durante el periodo de Enero a Julio del año 2011 y comparar los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de la Agua Potable.
- ✿ La cuarta es hacer una visita a la comunidad, para cumplir el último objetivo de nuestra investigación y proponer los métodos alternativos en la purificación del agua.

Para esta actividad se estableció:

Visitar casa por casa con el propósito de explicar de forma detallada cada uno de los métodos, proporcionándoles la información de ellos por medio de un documento elaborado por los investigadores (paquín). (Ver Anexo 3)

## **4.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA**

La Elección de la muestra se realizará por el muestreo dirigido o intencional, así se seleccionan las unidades elementales de la población, según el juicio de los investigadores, dado que las unidades seleccionadas gozan de representatividad.<sup>21</sup>

## **4.3 PUNTOS DE MUESTREO**

Las muestras serán tomadas siguiendo los criterios de inclusión:

- ✿ Que las personas posean y consuman el agua de pozo.
- ✿ La casa seleccionada debe estar habitada.
- ✿ El consentimiento de las personas para la toma de muestra (Ver anexo 4)

## **4.4 TOMA DE LA MUESTRA**

Se realizaron tres visitas a la comunidad para desarrollar las diferentes actividades:

- ✿ La primera consiste en coordinar con el representante de ADESCO y visitar algunas casas para pedir el consentimiento de las personas para la toma de la muestra.
- ✿ La segunda se realizó la toma de la muestra de 5 pozos para el análisis de metales pesados tales como: Plomo Arsénico Manganeso Hierro y Zinc. (Ver anexo 5)



- ✿ En la tercera visita se tomaron las muestras de 21 pozos para el análisis bacteriológico siguiendo todas las medidas establecidas para la toma de las muestras. (Ver anexo 6)

#### **4.5 UNIVERSO DE ESTUDIO**

El universo de estudio es el siguiente: 271 pozos de los cuales se seleccionan 21 pozos que son representativos al universo, tomando en cuenta los criterios de inclusión y el tipo de estudio.

#### **4.6 UBICACIÓN GEOGRAFICA.**

La Comunidad el Tesoro 2, está ubicada en el Municipio de San Miguel, limita al Norte con la Colonia Panamericana, al Sureste con la Residencial Portales de Barcelona, al Noreste con la Colonia Santa Julia, al este con la Colonia San Pablo, en ella habita aproximadamente 1200 personas en 271 viviendas que poseen 271 pozos. (Ver anexo 7)

#### **4.7 TIEMPO DE ESTUDIO**

La investigación se realizó desde el 14 de Enero del 2011 hasta el 30 de Julio del 2011.

#### **4.8 CONTAMINANTES MEDIDOS**

- ✿ Se determina el pH y Temperatura en agua de pozo.
- ✿ Se mide la concentración de Plomo, Arsénico, Hierro, Zinc y Manganeseo en el agua de pozo.
- ✿ Se determina la presencia de Bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli en el agua de pozo.

## **4.9 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN LOS DIFERENTES ANÁLISIS.**

### **4.9.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO**

#### **4.9.2 ANÁLISIS FÍSICO**

- ✿ Para la medición de la temperatura superficial se utiliza un termómetro de bulbo de Mercurio. ( ver anexo 8)
- ✿ Para la medición de pH las muestras se llevaran al Laboratorio de la Sección de Química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador, midiéndose con un pH metro FISHER SCIENTIFIC Modelo AB15 Marca ACCUMET.(ver anexo 9)

#### **4.9.3 ANÁLISIS QUÍMICO**

Las muestras se tomaran por los investigadores, para luego trasladarse al Laboratorio de Servicios Analíticos de la Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café (PROCAFE). Analizándose muestras de agua utilizando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito, Perkín Elmer modelo 1100B, Horno de Grafito Perkín Elmer modelo HGA 700, con muestreador automático AS 70 acoplable al Espectrofotómetro 1100B. (Ver anexo 10)

## **4.10 PRINCIPIO FUNDAMENTAL DEL MÉTODO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.**

En este método los átomos son sometidos a una energía de magnitud apropiada, que será absorbida por ellos e inducirá a que los electrones sean promovidos a un orbital de mayor energía (menos estable) las longitudes de onda tienen energía suficiente para originar

transiciones solo de los electrones mas externos o electrones de enlace originando espectro de absorción atómica. La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra .y se basa en la ley de Beer-Lambert.

Los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir luz de determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.<sup>22</sup>

#### **4.10.1 ESPECTROSCOPIA BASADA EN LA ATOMIZACIÓN ELECTROTÉRMICA.**

Históricamente el término Espectroscopia se refería a la rama de la ciencia en la que la luz, o radiación visible, se descomponía en sus longitudes de onda originándose así Espectros, que se usaban para estudios teóricos de la estructura de la materia o para análisis cualitativos y cuantitativos. Con el paso del tiempo el significado de espectroscopia se amplió para incluir la utilización de no solo la luz sino también de otros tipos de radiación electromagnética. La radiación electromagnética es una clase de energía que se transmite por el espacio a enormes velocidades. Adopta muchas formas, siendo las más fácilmente reconocibles la luz y el calor radiante. Otras manifestaciones menos evidentes es la radiación gamma, rayos x, ultravioleta, microondas y radiofrecuencia. La radiación electromagnética se contempla como un flujo de partículas discretas o paquetes ondulatorios de energía denominados fotones.<sup>23</sup>

#### **4.10.2 ABSORCIÓN DE RADIACIÓN**

Cuando la radiación pasa a través de una capa de un sólido, un líquido o un gas, ciertas frecuencias pueden eliminarse selectivamente por absorción, un proceso en que la energía electromagnética se transfiere los átomos, iones o moléculas que constituyen una muestra. La absorción promueve estas partículas desde su estado normal a temperatura ambiente o estado fundamental a uno o varios estados excitados de energía más elevada.

Según la teoría cuántica los átomos iones y moléculas solo tienen un número limitado de niveles de energía discretos y por lo tanto, para que se produzca la absorción de la radiación, la energía de los factores excitadores debe coincidir exactamente con la diferencia de energía entre el estado fundamental y uno de los estados excitados de las especies absorbentes. El estudio de las frecuencias de la absorción absorbida proporciona un medio para caracterizar a los constituyentes de una muestra de materia. Con este fin se presenta la absorbancia en función de la longitud de onda o de la frecuencia) (la absorción una medida de la disminución la potencia radiante).<sup>24</sup>

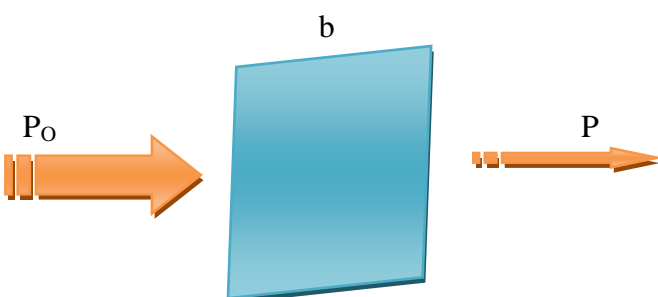
#### **4.10.3 ABSORCIÓN ATÓMICA**

El paso de la radiación policromática ultravioleta o visible a través de un medio constituido por partículas monoatómicas como Mercurio o Sodio gaseoso, produce la absorción de solo unas pocas frecuencias. La excitación solo puede producirse mediante un proceso electrónico en los que uno o varios electrones del átomo se promocionan a un nivel de energía más alto. Las longitudes de onda del ultravioleta y visible tienen energía suficiente para originar transiciones solo de los electrones más externos o electrones de enlace.<sup>24</sup>

#### 4.10.4 TÉRMINOS EMPLEADOS EN ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN.

##### 4.10.4.1 Transmitancia.

Solución absorbente de concentración  $c$



La figura representa un haz de radiación paralela, antes y después de haber atravesado una capa de solución de una especie absorbente de concentración  $c$ , de  $b$  cm de grosor. A causa de la interacción entre los fotones y las partículas absorbentes, la potencia del haz se atenúa de  $P_0$  hasta  $P$ . la Transmitancia  $T$  de la solución es, por tanto, la fracción de radiación incidente transmitida por la solución.

$$T = \frac{P}{P_0}$$

##### 4.10.4.2 ABSORBANCIA

La absorbancia  $A$  de una solución viene definida por la ecuación

$$A = \log \frac{P_0}{P}$$

La absorción de una solución aumenta cuanto mayor es la atenuación del haz. La absorbancia es directamente proporcional a la longitud  $b$  de la trayectoria a través de la solución y a la concentración  $c$  de la especie absorbente.

Estas relaciones se expresan por  $A = abc$ , donde  $a$  es una constante de proporcionalidad denominada adsortividad. Cuando  $b$  es una constante la absorbancia medida y la concentración son directamente proporcionales es decir presentan una relación lineal.<sup>25</sup>

#### **4.11 ATOMIZADORES ELECTROTÉRMICOS**

Los atomizadores electro térmicos se utilizan para las medidas de absorción atómica. La atomización tienen lugar en un tubo cilíndrico de grafito abierto por ambos extremos, y que tiene un orificio central para la introducción de la muestra mediante una micro pipeta, la plataforma también es de grafito y se encuentra debajo del orificio de entrada de la muestra, la muestra se evapora y se calcina sobre esta plataforma de manera usual.<sup>24</sup> (Ver anexo 11)

#### **4.12 FUENTES DE RADIACIÓN PARA LOS MÉTODOS DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

Las fuentes más común para la medidas de absorción atómica es la lámpara de cátodo hueco, consiste en un ánodo de Tungsteno y un cátodo cilíndrico, cerrados herméticamente en un tubo de vidrio lleno con Neón y Argón a una presión de 1 a 5 torr.<sup>26</sup> (ver anexo 12)

### **4.13 ATOMIZACIÓN DE LA MUESTRA**

En el anexo x se muestra el complejo conjunto de procesos que ocurren durante la atomización. La primera etapa corresponde a la desolvatación, en la que el disolvente se evapora para producir un aerosol molecular finalmente dividido. La disociación de las moléculas conduce luego a la formación de un gas atómico. A su vez, a moléculas, átomos, e iones pueden excitarse en el medio calorífico, produciendo así espectros atómicos.<sup>27</sup> (Ver anexo 13)

### **4.14 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL MÉTODO**

Equipo: Espectrofotómetro de absorción atómica equipado con corrector de fondo y con quemador de aire acetileno de Perkín-Elmer.<sup>28</sup> (Ver anexo 14)

- Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco
- Tipo de atomizador: electro térmicos
- Longitud de onda: 283.3nm
- Abertura de la rendija del monocromador 0.7nm
- Gas utilizado: acetileno
- Temperatura de atomización y carbonización secado: 110<sup>0</sup>C/45<sub>s</sub>
  
- Incinerado: 500<sup>0</sup>C/30<sub>s</sub>
- T<sup>0</sup> de atomizado: 2200<sup>0</sup>C/s
- Limite de detección: 0.002 a 0.001ng/mL o 2x10<sup>-6</sup> a 1x10<sup>-5</sup> ppm

### **4.15 ANALISIS BACTERIOLOGICO**

#### **4.15.1 ORGANISMOS INDICADORES Y LA PRUEBA COLIFORMES.**

Aunque el agua se vea clara y pura puede estar lo suficiente mente contaminada con organismos patógenos como para ser un peligro para la salud. Son necesarios algunos medios para asegurar que el beber agua es inocuo. Una de las principales tareas de la microbiología es el desarrollo de métodos de laboratorio que pueden utilizarse para detectar los contaminantes microbiológicos presentes en el agua para beber. Por lo general no es práctico examinarla directamente en busca de varios organismos patógenos.<sup>29</sup>

#### **4.15.2 ORGANISMOS INDICADORES.**

Existen organismos que se relacionan con las vías intestinales y cuya presencia indican que esta ha recibido contaminación de origen intestinal. El indicador más empleado es el grupo de organismos Coliformes. dicho grupo está definido en la bacteriología del agua como toda bacteria aeróbica y anaeróbica facultativa gram negativa, no formadora de esporas, en forma de bastón, que fermenta lactosa con formación de gas en 48 horas a 35°C.<sup>29</sup>

El grupo Coliformes es ideal como indicador debido que no es habitante común en el tracto intestinal, tanto de los humanos como de los animales de sangre caliente y existen en general en el tracto intestinal en gran número. Al excretarse al medio acuático, los organismos casi mueren pero no lo hacen tan rápidamente como las bacterias patogénicas Salmonella y Shygella, y tanto los Coliformes como los patógenos se comportan en forma similar durante los procesos de purificación del agua. Por tanto es probable que si los Coliformes se encuentran en el agua de beber, el agua ha recibido contaminación fecal y puede no ser segura Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del agua.<sup>29</sup>



### **4.15.3 ORGANISMOS PATÓGENOS TRASMITIDOS POR EL AGUA.**

Los microorganismos que se transmiten a los humanos incluyen bacterias, virus protozoarios. Dichos organismos por lo general crecen en las vías intestinales y salen del cuerpo por las heces. La Contaminación fecal de los suministros de agua pueden ocurrir entonces , y si el agua no se trata de un modo adecuado , los patógenos entran a un nuevo huésped cuando este consume el agua. Debido a que se consume el agua en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun si contiene solo un pequeño número de organismos patógenos. Estos se alojan en el intestino, crecen y originan infección y enfermedades.<sup>29</sup>

### **4.16. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (ver anexo 15)**

Las muestras se tomaran en la mañana, y la tarde luego se trasportan hacia el laboratorio de agua del Departamento de Química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad De El Salvador. Se utilizan dos tipos de placas:

#### **4.16.1 PLACAS PETRIFILM PARA EL RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES**

Estas contienen nutrientes de bilis rojo violeta, un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador tetrazolium que facilita el recuento de las colonias, la película superior atrapa el gas producido por las Coliformes fermentadoras de lactosa. (Ver anexo 16)

#### **4.16.2 PLACAS PETRIFILM PARA EL RECuento DE ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES FECALES**

Contienen nutrientes de bilis rojo violeta, un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. (Ver anexo 17)

## CAPITULO V

### PRESENTACION DE RESULTADOS

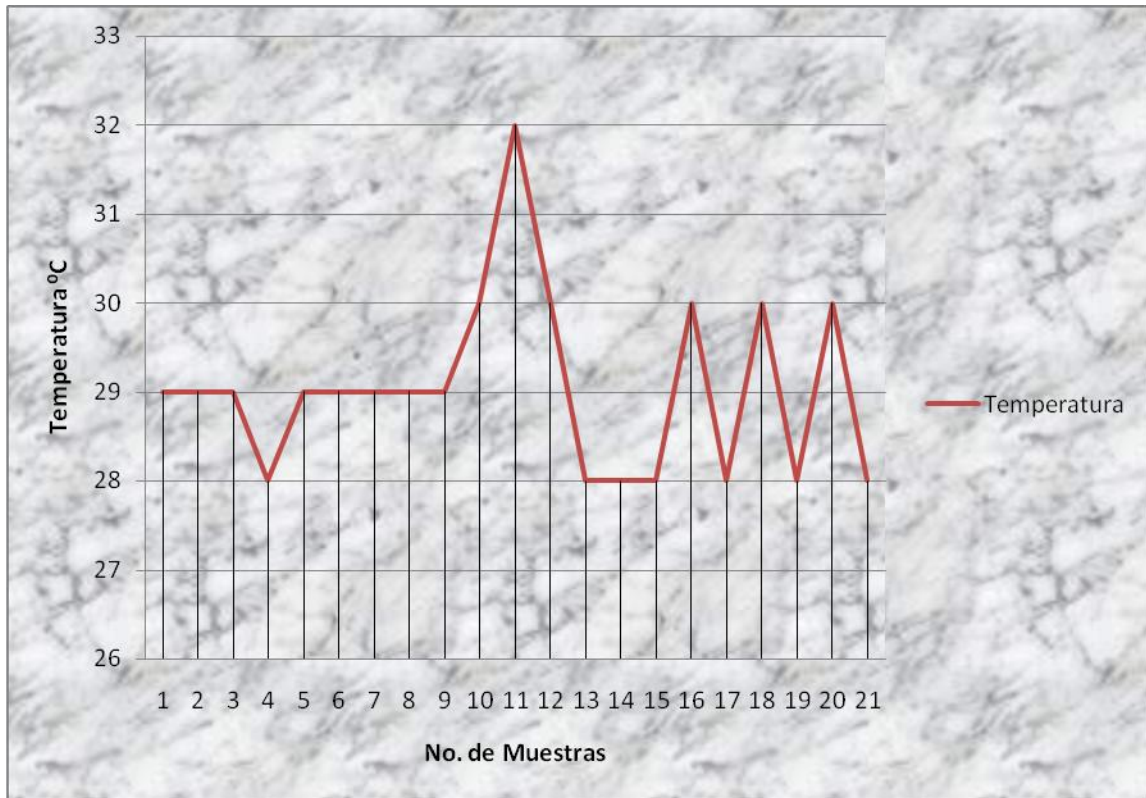
**5.1 ANALISIS FISICO:** Los resultados del análisis Físico tales como Temperatura y pH se presentan a continuación en los cuadros siguientes.

CUADRO 1: Resultados finales de la determinación de parámetros de Temperatura en el agua de pozo de la comunidad el Tesoro 2, de la ciudad de San Miguel.

No.de Muestra	Temperatura (°C)	Según la NSOCAP (°C)
1	29	18-30
2	29	18-30
3	29	18-30
4	28	18-30
5	29	18-30
6	29	18-30
7	29	18-30
8	29	18-30
9	29	18-30
10	30	18-30
11	32	18-30
12	30	18-30
13	28	18-30
14	28	18-30
15	28	18-30
16	30	18-30
17	28	18-30
18	30	18-30
19	28	18-30
20	30	18-30
21	28	18-30

### Grafico 1

Valores de Temperatura en La Comunidad El Tesoro 2 en la Ciudad de San Miguel.



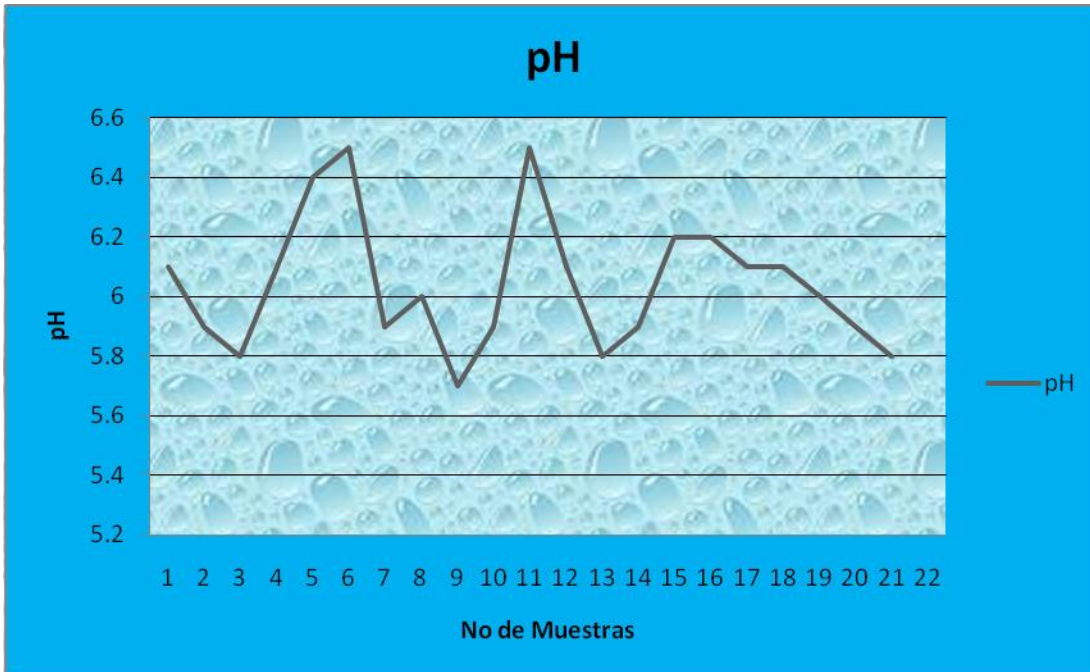
CUADRO 2:

Resultados finales de la determinación de parámetros de pH en el agua de pozo de la comunidad el Tesoro 2, de la ciudad de San Miguel.

<b>No. de Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Según la NSOCAP</b>
1	6.1	6-8.5
2	5.9	6-8.5
3	5.8	6-8.5
4	6.1	6-8.5
5	6.4	6-8.5
6	6.5	6-8.5
7	5.9	6-8.5
8	6	6-8.5
9	5.7	6-8.5
10	5.9	6-8.5
11	6.5	6-8.5
12	6.1	6-8.5
13	5.8	6-8.5
14	5.9	6-8.5
15	6.2	6-8.5
16	6.2	6-8.5
17	6.1	6-8.5
18	6.1	6-8.5
19	6	6-8.5
20	5.9	6-8.5
21	5.8	6-8.5

Grafico 2:

Demostración grafica de los valores de pH en La Comunidad El Tesoro 2 en la Ciudad de San Miguel.



## 5.2 ANALISIS QUIMICO

**TABLA No 1 ARSENICO**

ANALISIS	RESULTADO mg/L	SEGÚN LA NSOCAP mg/L ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO
ARSENICO	<b>No Detectado</b>	<b>0.01mg/L</b>

**TABLA No 2 ANTIMONIO**

ANALISIS	RESULTADO mg/L	SEGÚN LA NSOCAP mg/L ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO
ANTIMONIO	<b>No Detectado</b>	<b>0.006mg/L</b>

**TABLA No 3 HIERRO**

ANALISIS	RESULTADO mg/L	SEGÚN LA NSOCAP mg/L ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO
HIERRO	<b>No Detectado</b>	<b>0.3-0.5 mg/L</b>

**TABLA No 4 MANGANESO**

ANALISIS	RESULTADO mg/L	SEGÚN LA NSOCAP mg/L ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO
MANGANESO	<b>No Detectado</b>	<b>0.1 mg/L</b>

**TABLA No 5 ZINC**

ANALISIS	RESULTADO mg/L	SEGÚN LA NSOCAP mg/L ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO
ZINC	<b>0.10</b>	<b>5.0mg/L</b>

**TABLA No 6 PLOMO**

ANALISIS	RESULTADO mg/L	SEGÚN LA NSOCAP mg/L ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO
PLOMO	<b>No Detectado</b>	<b>0.01mg/L</b>



### 5.3 ANALISIS BACTERIOLOGICO

**TABLA No. 1**

Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de Coliformes Totales en agua de Pozo.

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

**TABLA No. 2:**

Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de Coliformes Fecales en el agua de pozo.

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

**TABLA N0.3**

Unidades Formadoras de Colonias por mililitros de Escherichia Coli en el agua de pozo.

<b>N° DE MUESTRAS</b>	<b>UFC/mL de Escherichia Coli</b>	<b>Valor Máximo Admisible según NSOPCAP</b>
1	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
2	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
3	1.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
4	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
5	27.0UFC/mL	0.0 UFC/mL
6	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
7	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
8	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
9	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
10	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
11	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
12	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
13	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
14	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
15	1.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
16	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
17	3.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
18	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
19	0.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
20	4.0 UFC/mL	0.0 UFC/mL
21	1.0x10 <sup>8</sup> UFC/mL	0.0 UFC/mL

#### 5.4 RESULTADOS DE LA VISITA A LA COMUNIDAD

<b>NO. DE CASA VISITADAS</b>	<b>SITUACIÓN DE LA VISITA</b>	<b>CANTIDAD DE CASA VISITADAS</b>
21	Personas que recibieron los piquines del método Sodis y de filtración	21
21	Personas que nos atendieron amablemente y prestaron mucho interés en el momento de la explicación	17
21	Personas que hicieron preguntas después de la explicación de los métodos sodis y de filtración	11
21	Personas que no mostraron interés en los métodos. (ver anexos 18)	4

## 5.5 ANALISIS DE RESULTADOS

- ✿ De las 21 muestras de pozos analizados todos los valores de temperatura se encuentran dentro de la NSOPCAP y solo uno fuera de la NSOPCAP.
- ✿ En las 21 muestras analizadas se observa que los valores de pH se encuentran dentro de la NSOPCAP y no sobrepasan los valores máximos permitidos.

### ANÁLISIS QUÍMICO

- ✿ En la determinación de la concentración de metales pesados tales como: Plomo, Arsénico Manganeseo y Hierro no se encontraron concentraciones de los referidos metales, pero se obtuvo una concentración de Zinc de 0.10mg/L el cual se encuentra dentro de la NSOPCAP.

### ANALISIS BACTERIOLOGICO

- ✿ De los resultados del análisis de Coliformes Totales se encontró que en todas las muestras de agua de pozo hay presencia de Unidades Formadoras de Colonias.
- ✿ De los resultados del análisis bacteriológico de Coliformes Fecales en las muestras de pozo se encontró que solo en una no hay presencia de Unidades Formadoras de Colonias.
- ✿ De los resultados del análisis de Escherichia Coli en las muestras de agua de pozo se encontró que solo en quince no hay presencia de Unidades Formadoras de Colonias.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los diferentes análisis de muestras de agua de la comunidad el Tesoro 2 en la ciudad de San Miguel se concluye lo siguientes:

- ✿ . En el análisis Físico se encontró que en los valores Temperatura solo una muestra sobrepasa a los valores establecidos en la NSOPCAP. Y en el análisis de pH casi todos los valores se encuentran dentro del rango establecido por la NSOPCAP.
  
- ✿ En el análisis Químico, ninguna muestra de agua presenta concentraciones de Plomo, Arsénico, Hierro, Zinc y Manganeso que sobrepase los niveles máximos permitidos en la NSOPCAP.
  
- ✿ En el Análisis Bacteriológico se encontró presencia de Unidades Formadoras de Colonias de Coliformes Totales, Coliformes Fecales en la mayoría de los pozos. los valores encontrados están fuera de la norma.
  
- ✿ En el análisis Bacteriológico se encontró que 6 pozos tienen presencia de Escherichia coli y en 15 pozos no se encuentra dicha bacterias.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- ✿ De acuerdo a los resultados obtenidos en el Análisis Bacteriológico se recomienda a los habitantes de la comunidad aplicar los métodos de purificación planteados en la presente investigación tales como Filtración y el método Sodis.
- ✿ Se recomienda a la población solicitar a las instituciones correspondientes la verificación periódica de la calidad del agua que están consumiendo mediante análisis Físicos, Químicos y Bacteriológicos.
- ✿ Continuar la investigación en dicha comunidad extendiéndola a las demás viviendas, con el propósito de prevenir enfermedades que tengan relación con la calidad del agua.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Clair. N .Sawyer; “Química Para Ingeniería Ambiental”, Editorial Mc Graw Hill, 4ª Edición, Colombia 2001.
2. Salvat, Editores S.A “La Contaminación”, España 1973.
3. Spiro A. Thomas “Química Medio Ambiental” Person Educación, Segunda Edición Madrid 2004.
4. Domenech, Xavier “Química Ambiental, Editorial Miraguano España 1996.
5. Domenech Xavier “Química De La Hidrosfera”; Miraguano, España 1995.
6. Servicio Hidrológico 1974, “Informe Nacional Del Estado Del Medio Ambiente Año 2000”.
7. Programa Salvadoreño de la Investigación sobre el Desarrollo y Medio Ambiente, PRISMA El Salvador “Dinámica de la Degradación Ambiental El Salvador 1995”.
8. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales;” Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente”, Año 2000.
9. Gamero, Eugenia; Guerra Hugo “Usos de Tecnologías Limpias””Investigación de la Contaminación del Rio Lempa y sus Afluentes Rio Suquiapa, Acelhuate Quezalapa”, año 2000.



10. Cruz Palacios Glenda Lidieth ,Tesis´´ Determinación de Metales Pesados en Agua de Consumo de los Pacientes Diagnosticados Con Insuficiencia Renal Crónica del Municipio de Ozatlán Departamento de Usulután Periodo de Julio a Septiembre ; San Miguel, El Salvador, Centro América UES –FMO Año 2006.
11. Rosales Salgado, Urania Merery, Segovia Parada, Fanny Lorena, “Determinación De Plomo En El Agua De Pozo Para Consumo Humano En El Caserío Las Casitas Cantón Serró Bonito San Miguel”. Junio del 2010 /tesis/.
12. Campos Gómez Irene, “Saneamiento Ambienta”, Manual de OMS.
13. <http://www.lenntech.es/agua-subterranea/hierrohtm3#1xzz1fetf7p59>.
14. Dickson “Química Enfoque Ecológico”, ATR, Año 1996 Editorial Limusa de S.A de C.V.
15. Moreno Gran, María Dolores, Toxicología Ambiental;” Evaluación de Riesgos Para la Salud Humana” S.A de C.V. Mc Graw Hill Madrid 2003.
16. <http://www.misrespuestas.com/que-es-pH>.
17. <http://www.misrespuestas.com/que-es-la-Temperatura>.
18. Lemus Morales Xiomara Yamileth, “Acumulación de Metales Pasados en Jacinto Acuático (RASSIPES), Presente en el Serrón Grande”, /Tesis/ Universidad Autónoma de Barcelona.

19. <http://es-wikipedia.org/wiki/antimonio>.
20. <http://www.xtec.cat/ugjimenez/licencia>.
21. “Manual de Tratamiento de Agua”, Grupo Noriega; Editores Hilleboe E. Herman M.D (Comisionado),”Departamento De Sanidad Del Estado De Nueva York Albany”.
22. Norma Salvadoreña Obligatoria Para la Calidad del Agua Potable (NSOPCAP).
23. Hernández Roberto, Sanpieri, Fernández Collado Carlos, Baptista, Lucio Pilar Metodología de La Investigación, Tercera Edición Año 2003.
24. , Bonilla Gildaberto, “Como Hacer una Tesis de Graduación Con Técnicas Estadísticas” Editores UCA Cuarta Edición Año 2000.
25. Skoog Leary “Análisis Instrumental”, Cuarta Edición, Editorial Mc Graw Hill, Interamericana España S.A, Año 1994.
26. Skoog Timothy A Nieman “Principios de Análisis Instrumental” Quinta Edición , Editorial Mc Graw Hill, Año 2001.
27. Skoog West, Holler Crouch, “Química Analítica”, Séptima Edición, Edición, Editorial Mc Graw Hill Año 2001.

28. Strobel, H.A “Instrumentación Química, Editorial Limusa año 1982, México D.F.
29. Willard, Hobart H, Lynnel Merritt, Jr John A Dean, “Métodos Instrumentales de Análisis” Quinta Edición ,Editorial Continental S.A año 1971.
30. Harvey, David “Química Analítica Moderna” Editorial Mc Graw Hill, Madrid España año 2000.
31. Brock D Thomas; W Smith David;. Madigan Michael T; “Microbiología” 4ªedicion Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A Año 1987.

## GLOSARIO

**Agua atmosférica:** Corresponde al agua líquida natural presente en la atmosfera.

**Agua Potable:** Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción

**Agua subterránea:** El agua subterránea se localiza en la zona saturada del subsuelo, es decir, donde todos los poros están llenos de agua.

**Agua superficial:** Exceptuando el agua marina se pueden distinguir tres tipos de agua el agua de escorrentía, la retenida en los reservorios naturales o artificiales y el agua de estuario.

**Antimonio:** Es un elemento químico de número atómico 51 situado en el grupo 15 de la tabla periódica de los elementos

**Arsénico:** Es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es As y el número atómico es 33. En la tabla periódica de los elementos se encuentra en el quinto grupo principal

**Bacterias aerobias:** Se denominan aerobios o aeróbicos a los organismos que necesitan del oxígeno diatómico para vivir o poder desarrollarse.

**Bacterias anaerobias:** Anaerobios son aquellos gérmenes que sólo pueden desarrollarse en ausencia de cantidades significativas de oxígeno (O<sub>2</sub>) y bajo condiciones de potenciales redox (Eh) muy reducidos, por tanto son estrictos en cuanto a sus exigencias de medio ambiente.

**Bacterias:** Son microorganismos unicelulares que presentan un tamaño de algunos micrómetros de largo (entre 0,5 y 5  $\mu\text{m}$ , por lo general) y diversas formas incluyendo esferas (cocos), barras (bacilos) y hélices (espirilos).

**Coliformes fecales:** Son bacterias Coliformes que se multiplican a 44 0.2, en su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente.

**Coliformes totales:** Son bacterias en forma de bacilos, anaerobios facultativo, gram negativo, no formadores de espora, es indicador de contaminación microbiana

**Eschericha Coli:** Bacterias anaerobias y aerobias facultativas gram negativas no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal.

**Hierro:** Este metal de transición es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representando un 5% y, entre los metales, sólo el aluminio es más abundante.

**Manganeso:** Es un elemento químico de número atómico 25 situado en el grupo 7 de la tabla periódica de los elementos y se simboliza como Mn.

**pH :** Índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Entre 0 y 7 la disolución es ácida, y de 7 a 14, básica.

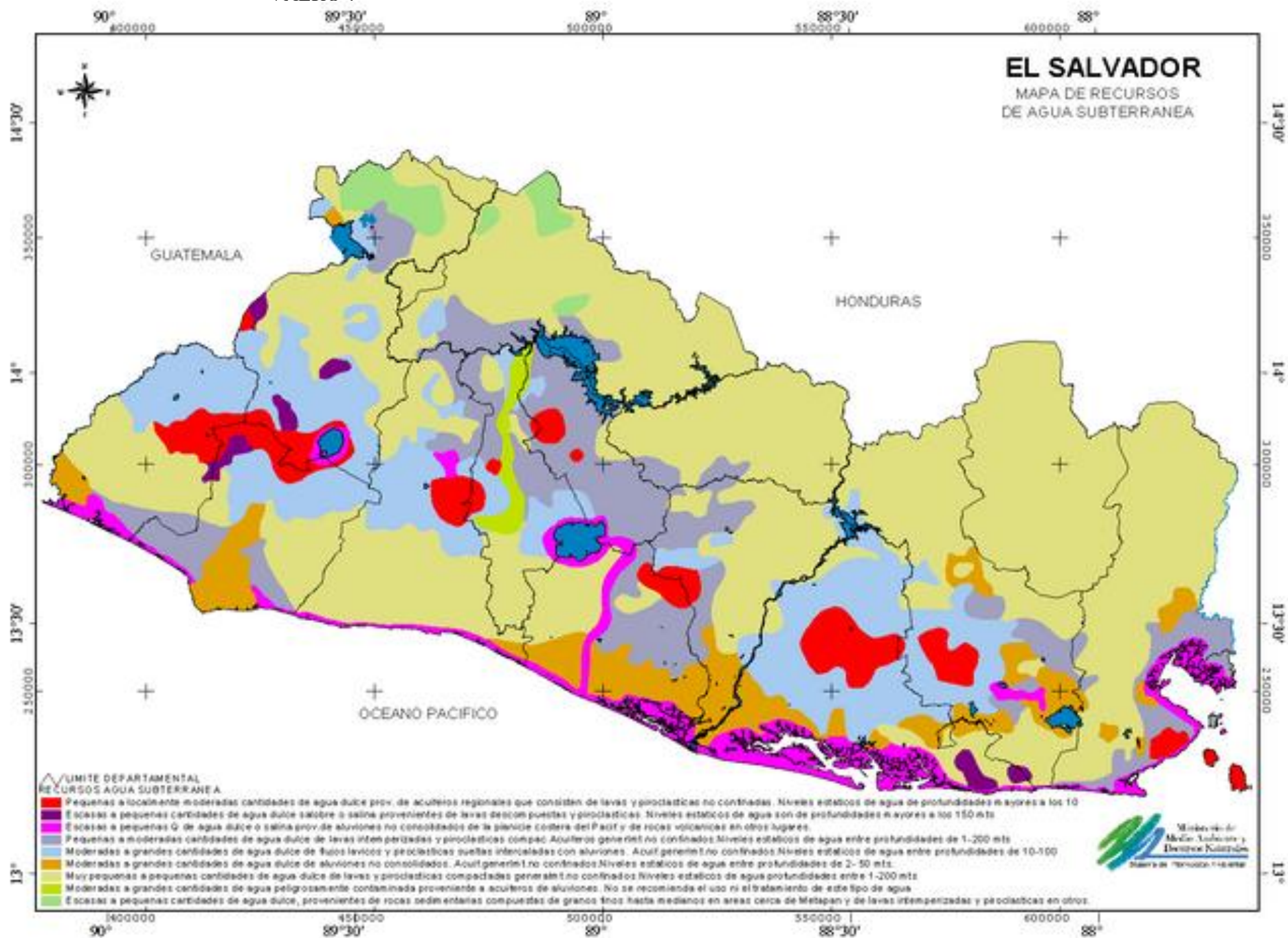
**Plomo:** Es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16 °C, de color plateado con tono azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate

**Temperatura:** Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el *kelvin* (K).

**Zinc:** es un elemento químico esencial de número atómico 30 y símbolo Zn situado en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos.

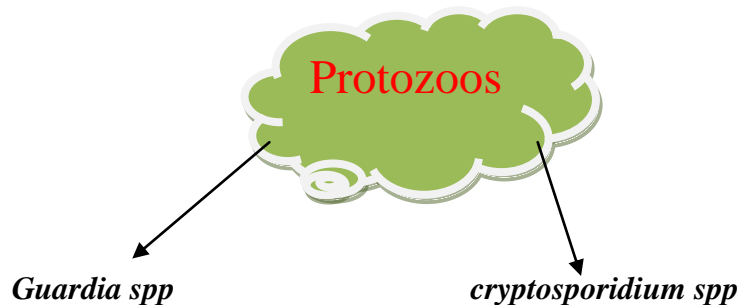
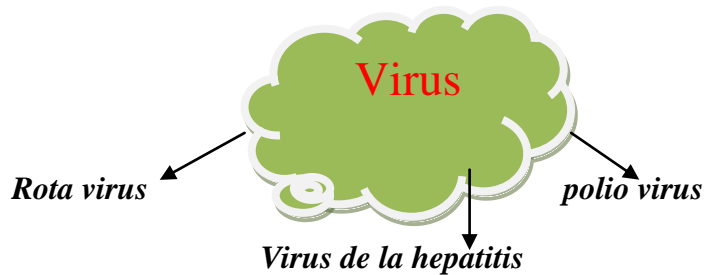
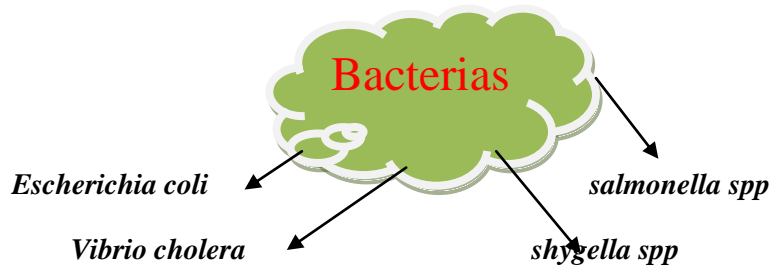
ANEXOS

# ANEXO 1



## ANEXO 3

### SODIS ELIMINA:



## **PURIFICACIÓN DEL AGUA**

### ¿CÓMO PUEDES MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA QUE CONSUMES?

Existen muchos métodos que nos ayudan a mejorar la calidad del agua que consumimos y dentro de ellos esta:

*El método solar de desinfección del agua (Método Sodis)*

**¡¡Purifica el agua con la luz del sol!!**



Inactivation of microorganisms by UV-A-radiation and thermal treatment

*Sodis utiliza tecnología para mejorar la calidad microbiológica del agua para beber, utilizando la radiación solar para destruir los microorganismos patógenos que causan las enfermedades transmitidas Por el agua.*



## ¿CÓMO USAR EL MÉTODO SODIS?

*Sodis es ideal para tratar pequeñas cantidades de agua, y trata el agua contaminada por dos vías*

🌿 *Por un lado la radiación en el espectro ultra violeta (320-400nm)*

🌿 *Y mediante el incremento de temperatura*



## “PASOS PARA USAR EL MÉTODO SODIS”

- 🌿 *Lavar una botella que no haya sido usada muchas veces.*
- 🌿 *Agregue agua a la botella hasta la mitad y agite por 20 segundos, llene completamente la botella y tápela.*
- 🌿 *colóquela a la luz del sol en una lámina o en el techo.*
- 🌿 *Deje que la botella reciba la luz del sol desde la mañana hasta la tarde por 6 horas.*
- 🌿 *Deje enfriar y tome el agua directamente de la botella.*

## LIMITACIONES DEL MÉTODO SODIS:

- 🌿 *No cambia la calidad química del agua*
- 🌿 *Necesita agua relativamente limpia*
- 🌿 *No es apto para tratar grandes cantidades de agua*

## ***PURIFICACION DEL AGUA***

***¿COMO PUEDES MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA QUE CONSUMES?***

Existen muchos métodos que nos ayudan a mejorar la calidad del agua que consumimos y entre ellos esta:

**EL METODO DE FILTRACION**

### **Filtro Casero**

Recipiente con tapadera de entre 30 y 60 cms que puede ser desde un recipiente de basura hasta un barril.



***“EN ESTOS MOMENTOS EL AGUA SE TIENE QUE APROVECHAR DIRECTAMENTE DESDE CUALQUIER AFLUENTE Y, A PESAR DE QUE SE PUEDA ENCONTRAR TURBIA, LOS FILTROS CASEROS SON CAPACES DE PURIFICARLA HASTA HACERLA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO”.***

Para evitar brotes epidémicos como el cólera y otras enfermedades gastrointestinales es necesario un filtro de agua, y ese puede hacerlo en casa de diferentes maneras.

## ¿COMO CONSTRUIR UN PURIFICADOR DE AGUA CASERO?

Necesitaremos los siguientes materiales:

🍃 Una recipiente plástico de un litro o más (trasparente)

🍃 Grava

🍃 Arena

🍃 Arena fina

🍃 Carbón

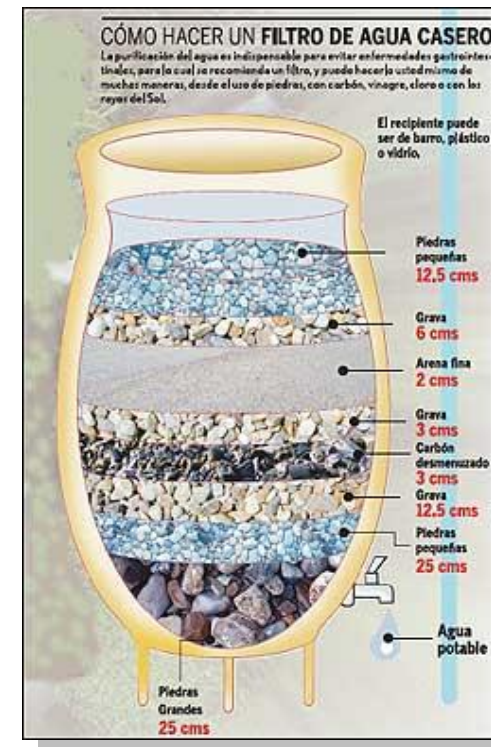
### PASOS PARA CONSTRUIR UN FILTRO

🍃 Tomamos el recipiente plástico y la cortamos haciendo un orificio con cañería en el fondo.

🍃 vertimos grava, luego la arena normal, carbón activado, finalmente una capa de arena fina, otra de grava y por ultimo arena normal.

🍃 cada capa no deberá superar los 7 centímetros de grosor ni ser inferior a 5 cm.

🍃 ya terminado nuestro filtro podremos en un lugar alto y debajo de él pondremos un recipiente que recibirá el agua que sale del filtro



ANEXO: 4

PUNTOS DE MUESTREO PARA EL ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO EN LA COMUNIDAD EL TESORO



ANEXO 5

SEGUNDA VISITA PARA LA TOMA DE MUESTRA







## ANEXO 6

### TERCERA VISITA PARA LA TOMA DE MUESTRA







ANEXO: 7

UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA COMUNIDAD EL TESORO 2



## ANEXO 8

### TERMOMETRO CON BULBO DE MERCURIO



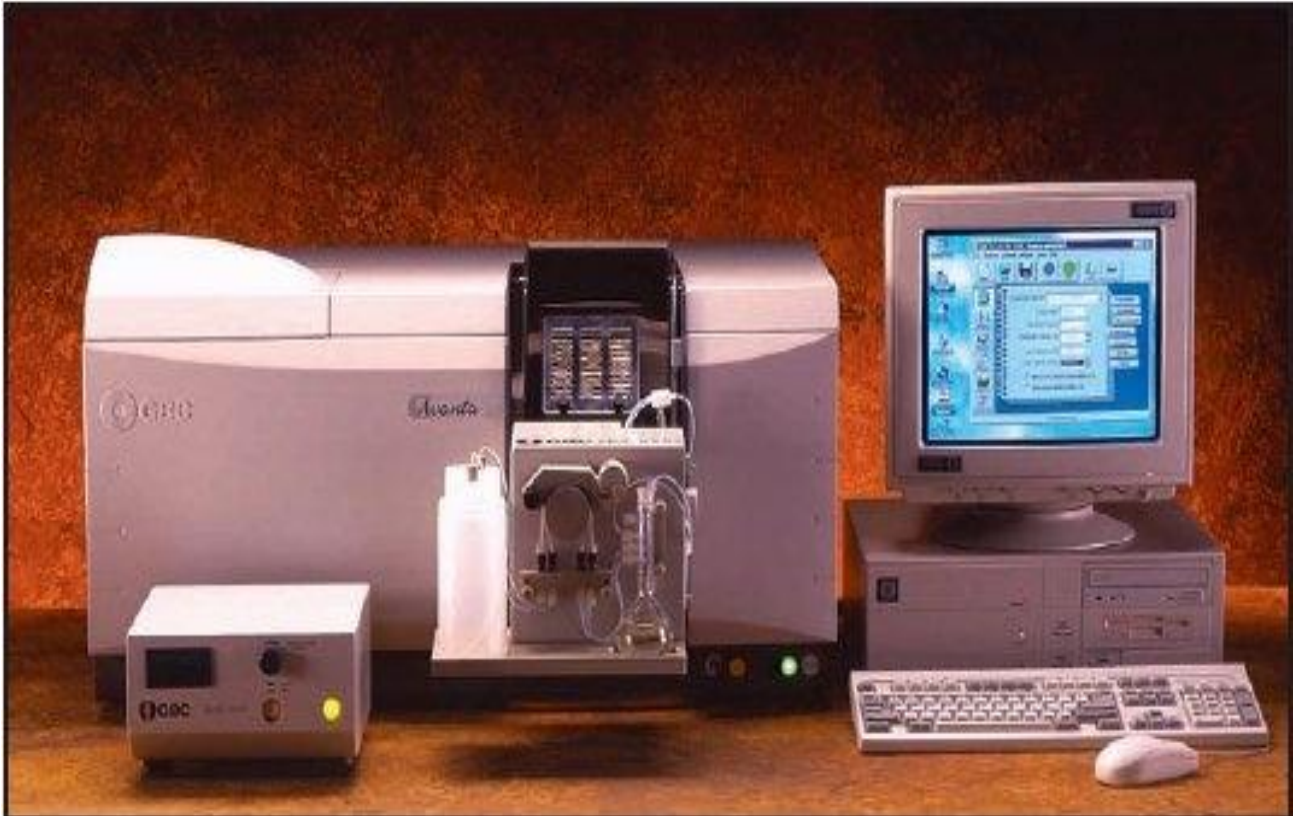
## ANEXO 9

### pH METRO

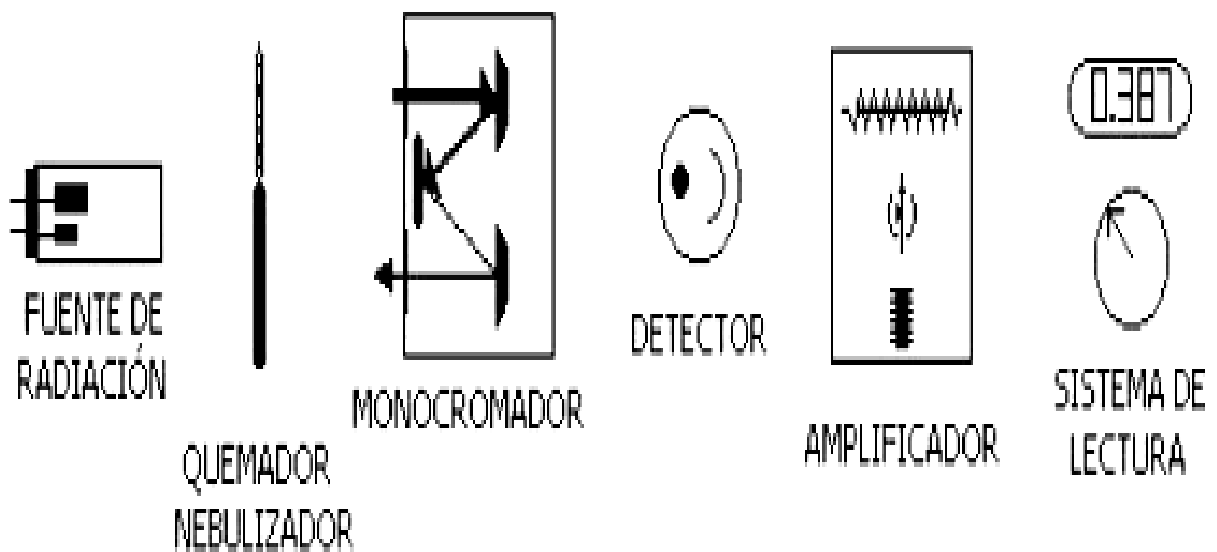


ANEXO 10

ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

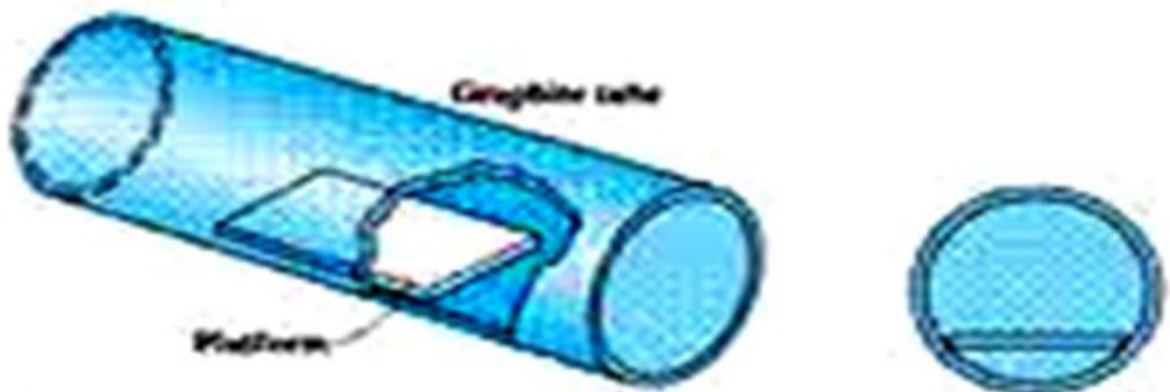
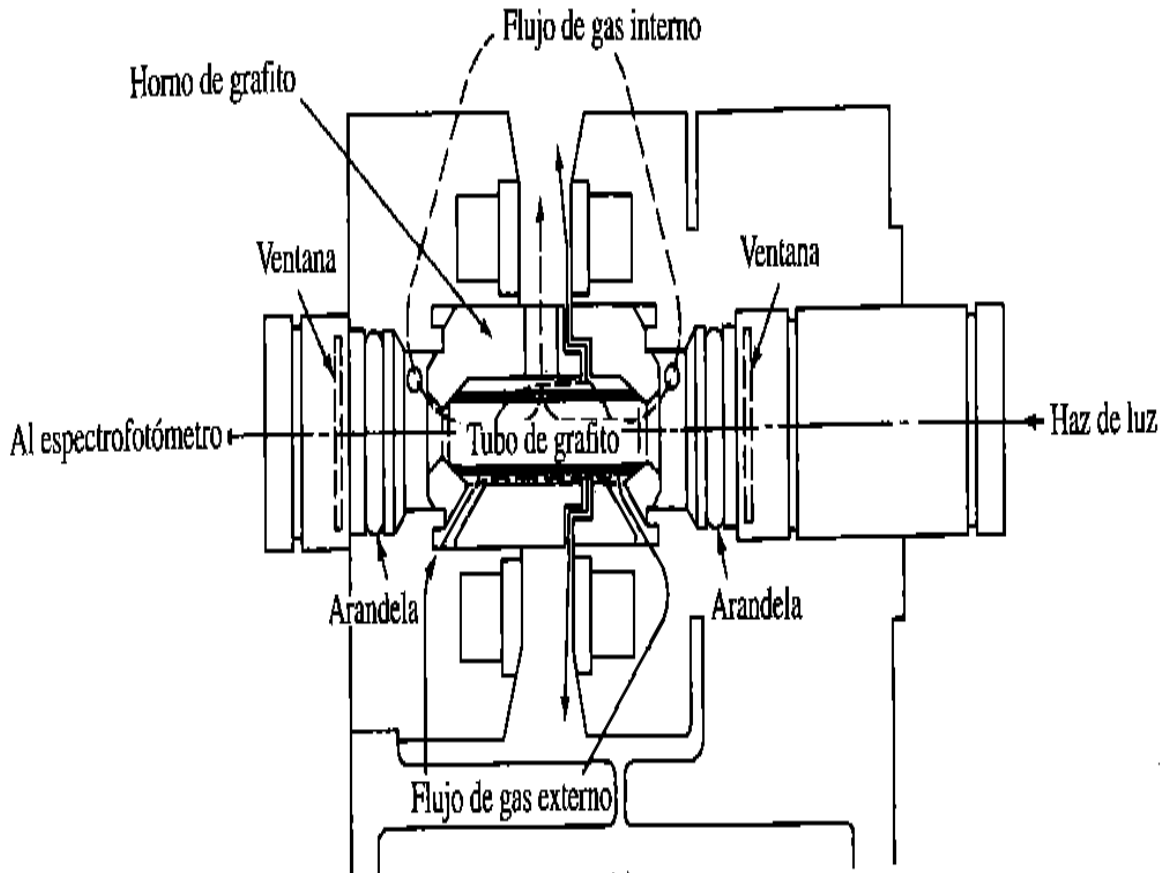


*ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA*



# ANEXO 11

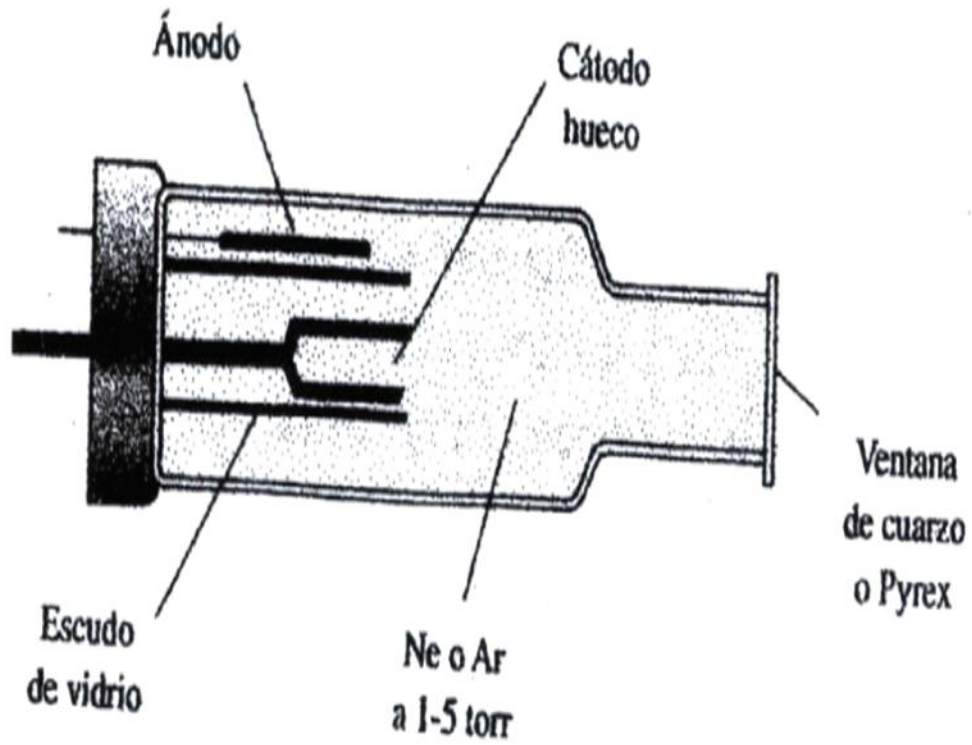
## SECCIÓN TRANSVERSAL DONDE SE COLOCA EL HORNO DE GR



©  
Thomson-Brooks/Cole

## ANEXO 12

### LAMPARA DE CATODO HUECO

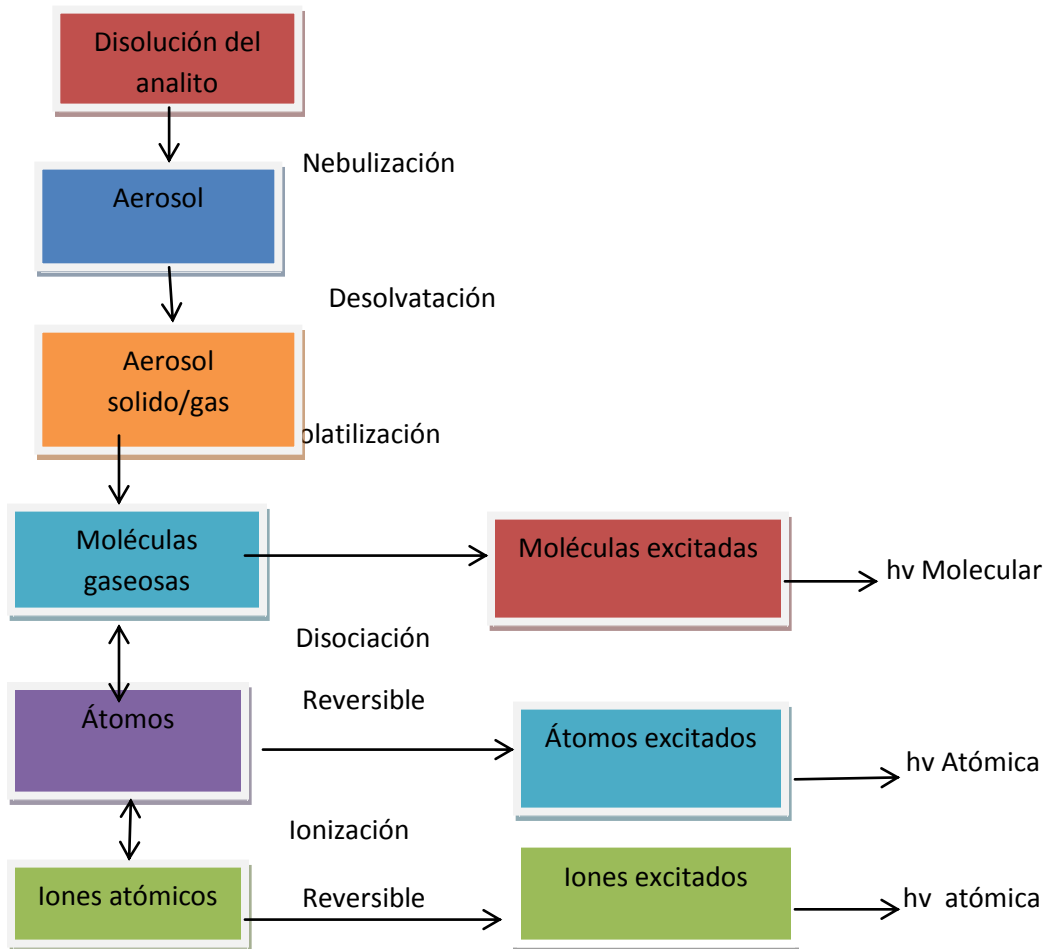


de vidrio  
cátodo

1-2 torr  
Ne o Ar

## ANEXO 13

### PROCESOS QUE TIENEN LUGAR DURANTE LA ATOMIZACIÓN



## ANEXO 14

### EQUIPO, MATERIAL Y REACTIVO QUE SE UTILIZA EN LOS ANALISIS DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA

#### Material

- Balones aforados de 25,100,250mL
- Erlenmeyer de 10 y 25mL
- Embudos
- Pipetas de 10,5,3,2 y 1mL
- Termómetro
- Agitador de vidrio frasco lavador
- Beaker

#### Equipo

- Espectrofotómetro de absorción atómica equipado con corrector de fondo y con quemador de aire\_ acetileno de Perkin –Elmer
- Horno de grafito
- Lámpara de cátodo hueco

#### Reactivos

- Nitrato de plomo solución estándar de plomo :2,5,10,20ppm
- Agua destilada
- Gases : acetileno y aire



## **ANEXO 15**

### **MATERIAL Y EQUIPO A USAR PARA EL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO**

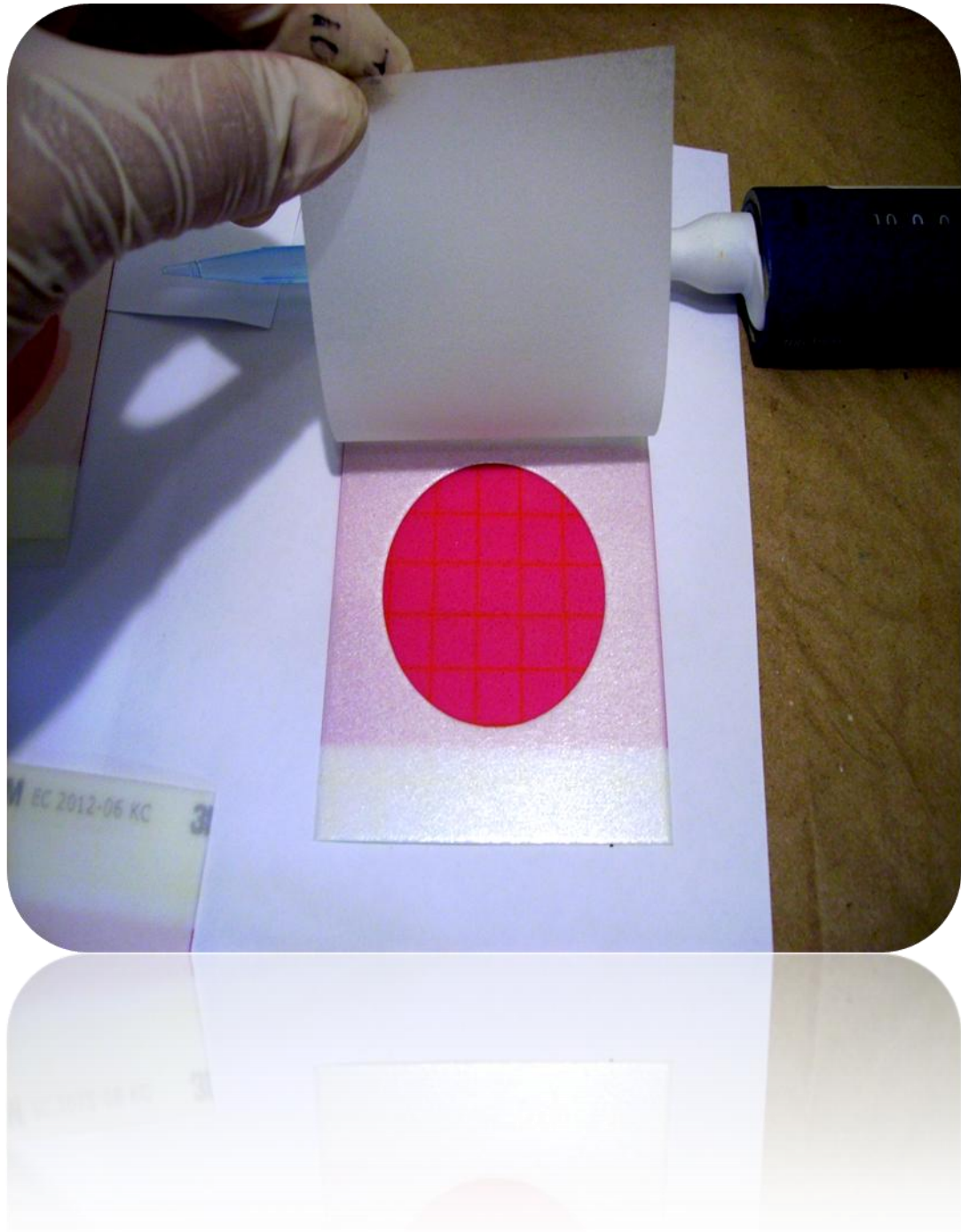
1. Micro Pipeta
2. Vidrio de Reloj
3. Frasco Lavador
4. Estufa
5. Cámara de Extracción de Gas
6. Placas Petrifilm para Coliformes Totales
7. Placas Petrifilm para Coliformes Fecales Y Escherichia Coli
8. Refrigeradora
9. Agua destilada

## **PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO APLICANDO PLACAS PETRIFILM**

- ✿ Coloque la placa petrifilm en una superficie plana y nivelada, levante la película superior.
- ✿ Con una pipeta en forma perpendicular a la placa petrifilm, coloque 1 ml de la muestra en el centro de la película inferior.
- ✿ Baje con cuidado la película superior para evitar que atrape burbujas de aire, no la deje caer.
- ✿ Con el lado liso hacia abajo coloque el dispersor en la película superior sobre el inoculo.
- ✿ Presiona suavemente el dispersor para distribuir en inoculo sobre el área circular. No gire ni deslice el dispersor.
- ✿ Levante el dispersor, espere por lo menos un minuto a que solidifique el gel.
- ✿ Incube las placas por 24 horas a  $37^{\circ}\text{C}$  cara arriba en grupos de no más de 20 piezas. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con pequeño recipiente con agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.
- ✿ Las placas petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz.
- ✿ Las colonias pueden ser aisladas para su posterior identificación, levante la película superior y tome la colonia del gel.

**ANEXO 16**

**PLACAS PETRIFILM PARA RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES,  
COLIFORMES FECALES Y ESCHERICHIA COLI**

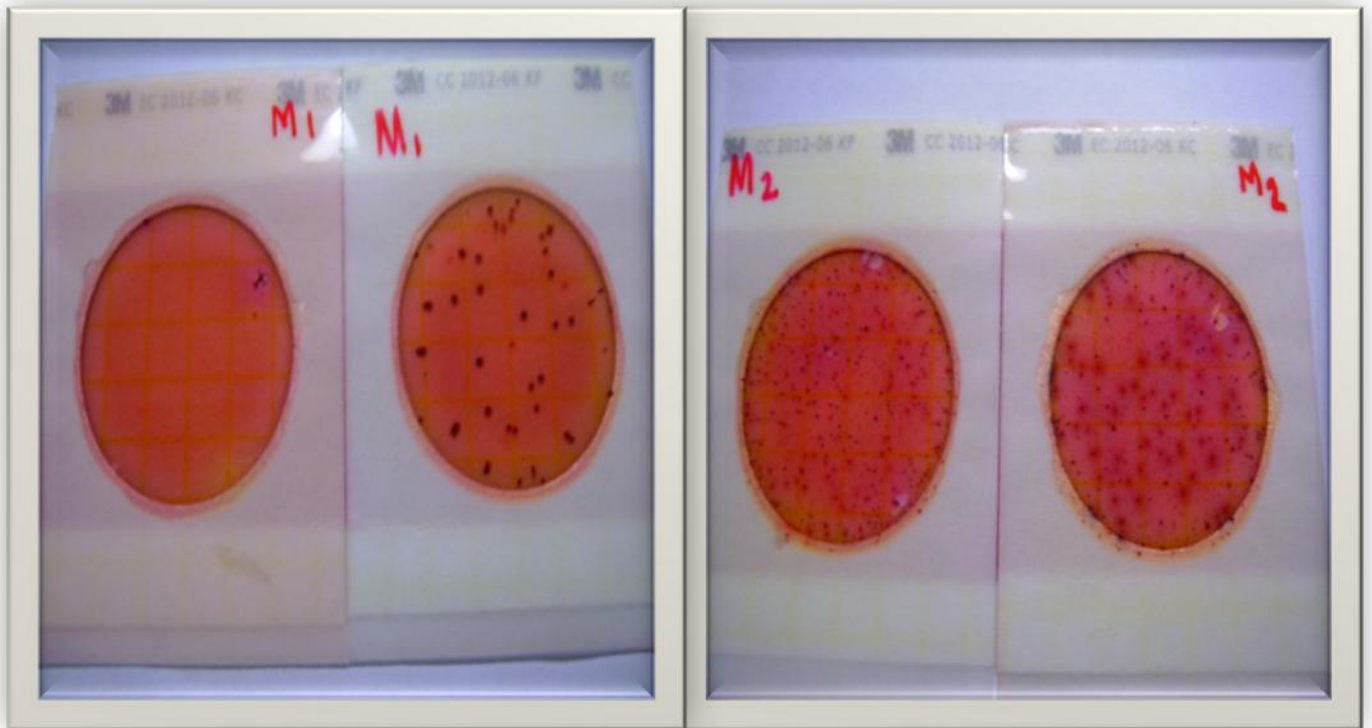


**ANEXO: 17**

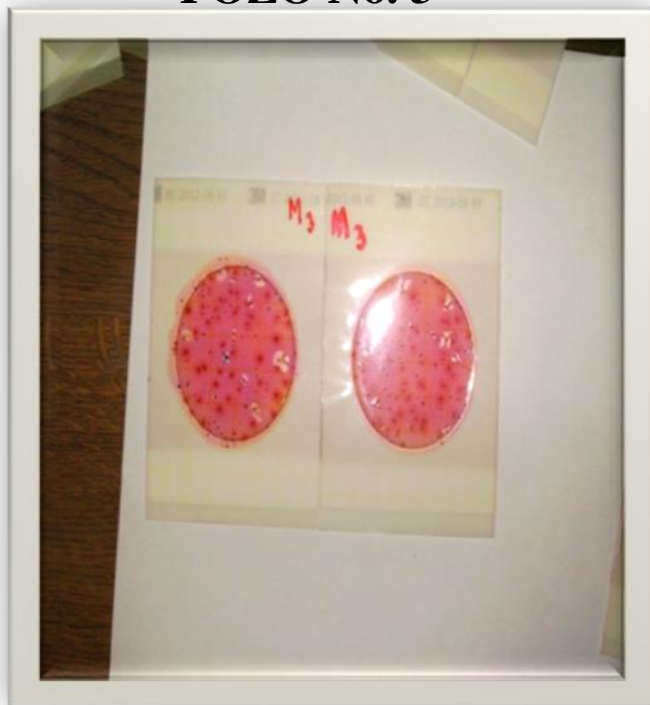
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS BACTERIOLOGICO**

**POZO No. 1**

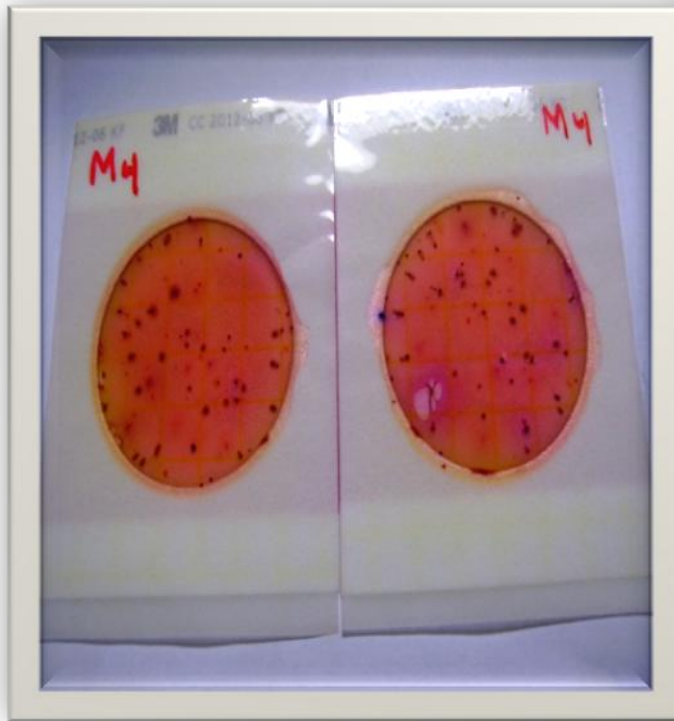
**POZO No. 2**



**POZO No. 3**



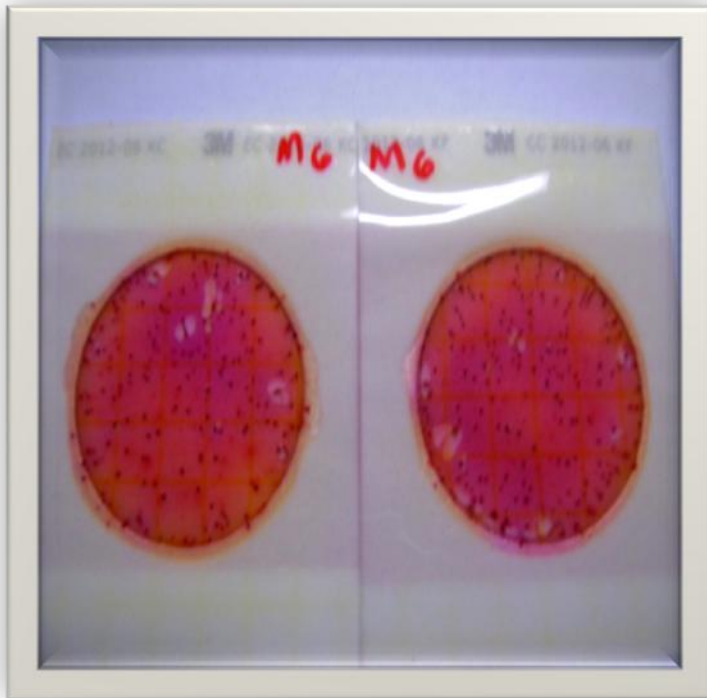
**POZO No.4**



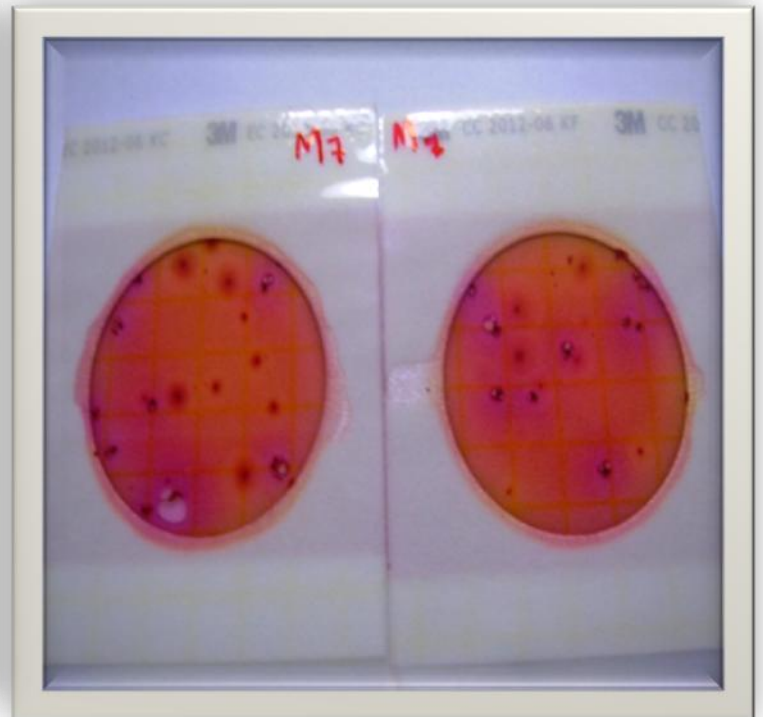
**POZO No 5**



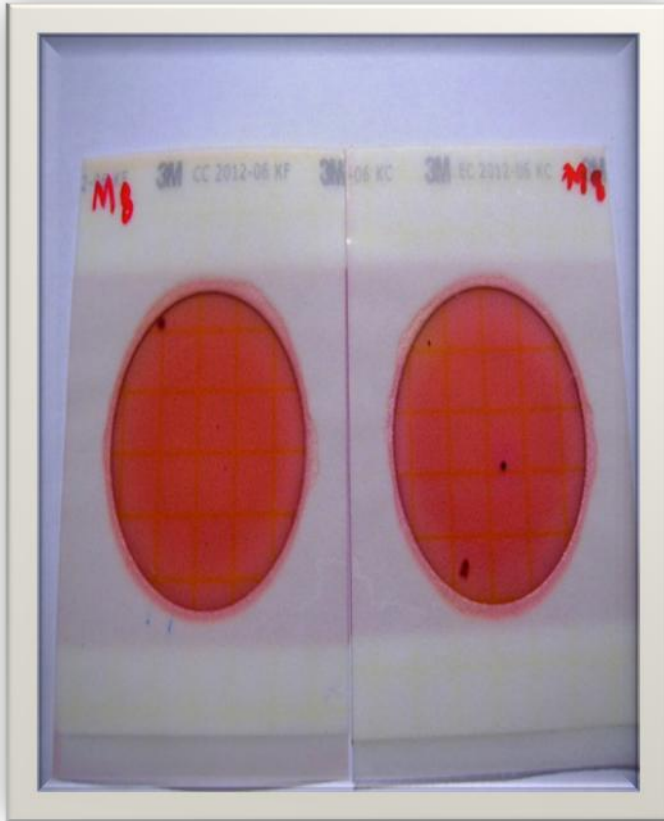
**POZO No.6**



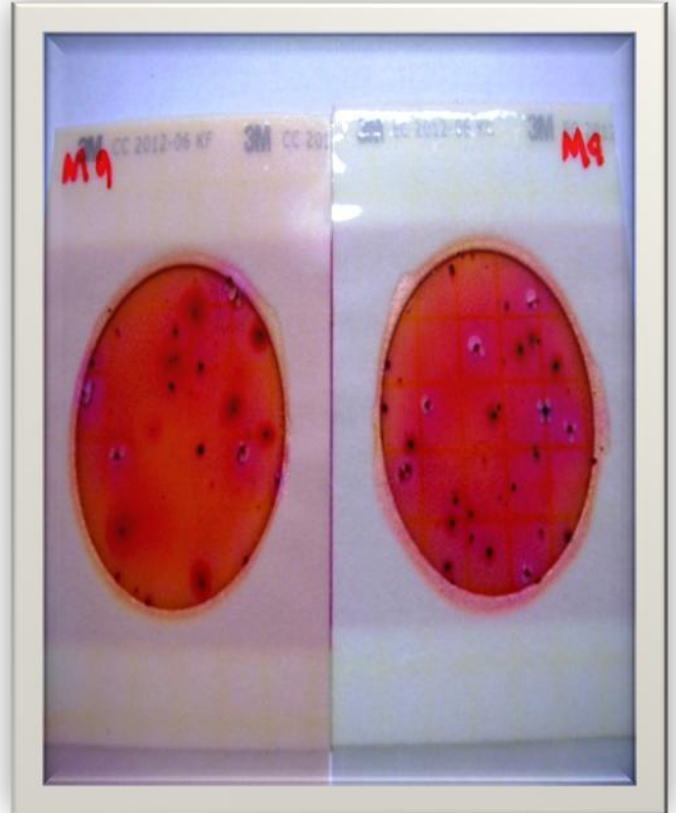
**POZO NO.7**



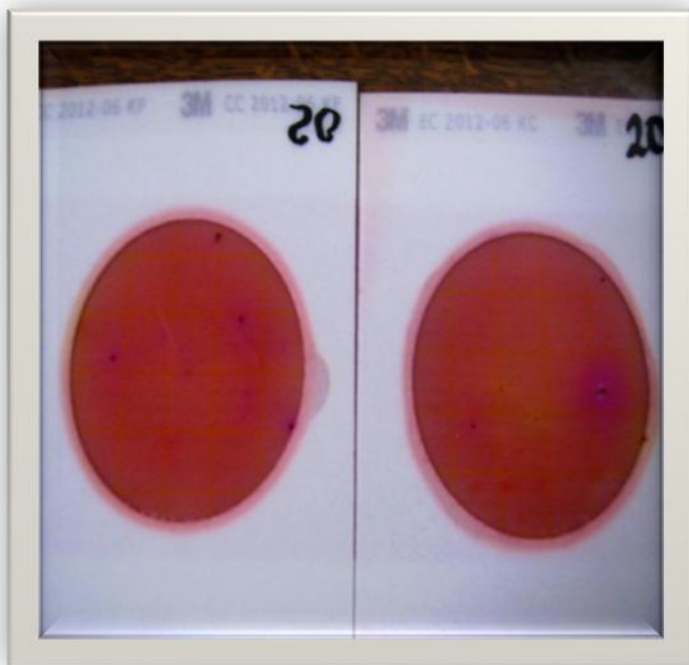
**POZO No. 8**



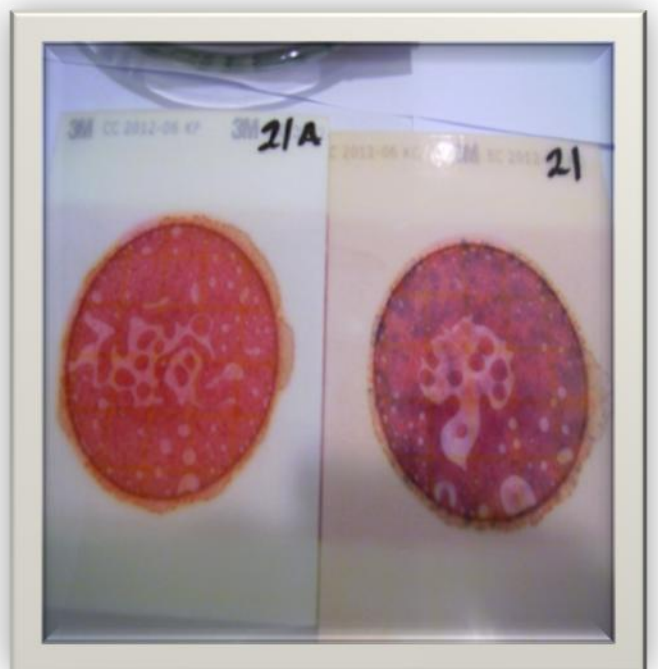
**POZO No. 9**



**POZO No 20**



**POZO No 21**



**ANEXO 18**

**VISITA A LA COMUNIDAD PARA LA PROPUESTA DE MÉTODOS DE PURIFICACIÓN**

**A)**



**b)**









