

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
SECCIÓN QUÍMICA**



**“USO DE LA SEMILLA DE TEBERINTO (MORINGA OLEIFERA),
PARA LA ELIMINACIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES EN EL
AGUA DE POZO PARA CONSUMO HUMANO, EN EL BARRIO EL
CALVARIO DEL MUNICIPIO DE GUATAJIAGUA,
DEPARTAMENTO DE MORAZAN”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO POR
MARVIN WILIAN VELÍZ MARTÍNEZ**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**DOCENTE DIRECTOR
LIC. PEDRO ULISES NAVARRO VILLEGAS**

**ASESOR METODOLOGICO
LIC. ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ**

AGOSTO DE 2011

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MASTER RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHÉZ

FISCAL GENERAL

DOCTOR RENÉ MADECADEL PERLA JIMÉNEZ

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

AGOSTO, 2011

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANA

DOCTORA ANA JUDITH GUATEMALA DE CASTRO

SECRETARIO

INGENIERO JORGE ALBERTO RUGAMAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

JEFE DE DEPARTAMENTO

LICENCIADO ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ

COORDINADOR DE LA SECCION DE QUÍMICA

LICENCIADO PEDRO ULISES NAVARRO VILLEGAS

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que de una u otra forma han colaborado en la ejecución de este trabajo, de manera muy especial a:

DIOS TODOPODEROSO.

Por darme la inteligencia, sabiduría, fuerza y la oportunidad de finalizar mi carrera.

A MIS ASESORES

Lic. Abel Martínez López

Lic. Pedro Ulises Navarro Villegas

Quienes con mucha paciencia, voluntad y su acertada asesoría me brindaron su valioso tiempo y orientación.

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE QUIMICA

Por permitirme el desarrollo de la parte experimental

MARVIN WILIAN VELIZ MARTINEZ

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos los que me han ayudado a obtenerlo, especialmente a:

DIOS TODOPODEROSO Y A LA SANTÍSIMA VIRGEN MARIA

Por estar en todo momento conmigo y haberme guiado para finalizar mi carrera y seguirlos amando y adorando por siempre.

A MIS PADRES

Pedro Velíz Gómez y Elena Martínez de Velíz por su infinito amor y sacrificio en mi formación, a quienes con mucho orgullo les digo “Gracias Papás” por ser lo que soy.

A MIS HERMANOS

Yanires, Bladimir, José Rudy, Franklin por su ayuda y apoyo en mis estudios.

A MI ESPOSA

Yesenia Saraí Pérez, por apoyarme y comprenderme y darme el tiempo para desarrollar mi trabajo.

A MI HIJA

Odaly's Mayensy por ser mi inspiración en la realización de este trabajo, y llenar mi vida de alegría.

A MIS FAMILIARES, AMIGOS Y MAESTROS

Por sus consejos, paciencia, cariño y conocimientos impartidos durante toda mi formación académica.

MARVIN WILIAN VELIZ MARTINEZ

INDICE

Introducción.....	i
-------------------	---

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.....	12
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Generalidades.....	18
2.2 La Hidrosfera.....	19
2.3 Distribución del agua en el planeta.....	20
2.4 Importancia del agua.....	21
2.4.1 Propiedades Físicas.....	22
2.4.2 Propiedades Químicas.....	24
2.5 Clasificación de las aguas en el ambiente.....	27
2.6 Agua Subterránea.....	28
2.7 Contaminación del agua subterránea.....	29
2.7.1 Contaminación Biológica.....	31
2.7.2 Contaminación Química.....	32
2.7.3 Contaminación Térmica.....	32
2.8 Impacto de la contaminación en la salud humana.....	33
2.9 Características microbiológicas del agua.....	33

2.10 Características taxonómicas y botánicas del	
Teberinto (Moringa Oleífera).....	34
2.10.1 Clasificación taxonómica.....	34
2.10.2 Nombres comunes.....	34
2.10.3 Origen y distribución.....	35
2.10.4 Descripción botánica.....	35
2.10.5 Condiciones de cultivo.....	36
2.11 Usos del Teberinto.....	38
2.11.1 Usos de la planta de Teberinto.....	38
2.11.2 Utilización del aceite.....	39
2.11.3 Usos medicinales.....	39
2.11.4 Usos agroforestales.....	40
2.11.5 Plaguicidas naturales.....	40
2.11.6 Otros.....	40
2.12 Aplicación para fines de agua potables.....	40
2.12.1 Contenido nutritivo de la semilla de teberinto.....	41
2.12.2 Capacidad purificadora de la semilla de teberinto.....	41
2.12.3 Acción purificadora de la semilla de teberinto.....	42
3.0 Generalidades de las bacterias coliformes.....	42

CAPITULO III DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Ubicación geográfica.....	44
3.2 Tiempo de estudio.....	44
3.3 Recolección de la semilla de Teberinto.....	44
3.4 Lugar de muestreo.....	45
3.5 Diseño experimental.....	45

3.5.1 Recolección de muestra.....	45
3.5.2 Tratamiento y preservación de las muestras.....	46
3.5.3 Traslado de las muestras.....	46
3.5.4 Periodo de muestreo y número de muestras.....	46
3.6 Parte experimental.....	47
3.6.1 Análisis bacteriológico.....	47
3.6.2 Preparación de la solución de semilla de teberinto.....	49
3.6.3 Proceso de floculación.....	49
3.6.4 Aplicación de la solución de semilla de Teberinto al agua Contaminada con coliformes.....	49
3.7 Condiciones de trabajo.....	50
3.8 Equipo, material y reactivo.....	50

CAPITULO IV PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Cuadro de resultados.....	53
4.2 Análisis de resultados.....	59
4.3 Análisis de resultados después de aplicar el método de purificación de agua.....	60

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones.....	64

BIBLIOGRAFIA.....	65
--------------------------	-----------

ANEXOS.....	69
--------------------	-----------

INTRODUCCION

Todos los seres vivos necesitamos agua para vivir, ya que es la sustancia de mayor importancia para la vida del hombre en particular, también para la agricultura, la industria, el transporte y fines recreativos entre otros.

A pesar de su importancia para la vida, los seres humanos no hacemos uso adecuado de este recurso y contaminamos el agua superficial y subterránea. ⁽¹⁾

La contaminación en municipios alejados de las ciudades es producida por las aguas provenientes de servicios sanitarios de fosa y excrementos de animales de sangres calientes, animales de sangre fría que por escorrentía e infiltración llegan a las aguas subterráneas. Este fenómeno sucede en los municipios alejados que carecen de servicios básicos como sistemas de alcantarillado y agua potable. ⁽²⁾

En 71 de los 262 municipios de El Salvador, el sistema de agua potable y alcantarillado es administrado por las autoridades municipales o alcaldías. Casi siempre con sistemas con una cobertura pequeña. Es debido a eso que existen millones de hogares sin acceso al agua potable. Hay que salir con los cantaros a buscar a la fuente, al río o a pozos subterráneos. ⁽¹⁾

En ese sentido, muchas comunidades, barrios y colonias consumen agua sin ningún tratamiento, razón por la cual esta investigación tiene como finalidad proponer a la comunidad del Barrio El Calvario municipio de Guatajagua un método libre de agentes químicos y de fácil aplicación para la purificación del agua de los pozos.

El método consiste en la aplicación de extractos de semilla de "Teberinto" (Moringa Oleífera) el cual ha sido aplicado en otros estudios.

La planta de "Teberinto" es un árbol de la familia Moringaceae y por sus características morfológicas y fisiológicas se encuentra distribuido en zonas cálidas y es muy frecuente encontrarlo en el municipio de Guatajiagua.

La composición química de la semilla de "Teberinto" (Moringa Oleífera) es de 34.7% aceite graso, 3.2% ceniza, 3.5% fibra, 16.4% extracto libre, 38.4% proteína cruda, 4.08% agua.

La propiedad química como bactericida es lo que ha permitido eliminar las bacterias que están presentes en el agua. ⁽³⁾

Por escases de agua potable en el Barrio El Calvario de Guatajiagua, se pretende realizar este estudio para que la población cuente con una alternativa de tratamiento de agua de pozos, con el propósito de mejorar la calidad de agua que ellos consumen.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

A finales de los 80 se conoce que más del 90 por ciento de todas las fuentes de aguas subterráneas se encuentran altamente contaminados por agentes bacteriológicos (bacterias, virus, parásitos) afectando en gran medida la salud humana provocando enfermedades gastrointestinales o infectocontagiosas en las personas. ⁽¹⁾

La contaminación del agua subterránea es uno de los factores que mas afectan a nuestro país y al mundo entero, es por eso que se decidió investigar sobre algún proceso natural para la purificación de agua y encontramos el Teberinto, mayormente conocido como árbol de "Arango" que produce un fruto llamado semilla de Teberinto que por sus propiedades puede ser utilizado para eliminar bacterias presentes en las aguas de pozos. ⁽⁴⁾

El teberinto es un árbol originario del sur del Himalaya noreste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. En América Central fue introducido en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas. La medula de la semilla de teberinto tiene la siguiente composición en gramos:

34.7% aceite graso, 3.2% ceniza, 3.5% fibra, 16.4% extracto libre, 38.4% proteína cruda, 4.08% agua. También contiene los siguientes componentes en miligramos: Vitamina A 1130 mg, Vitamina C 220 mg, Calcio 440 mg, Potasio 259 mg Proteínas 6700 mg. ⁽³⁾

En El Salvador y Nicaragua se han realizado investigaciones en el saneamiento de agua utilizando la semilla de "Teberinto". Esta planta ha sido utilizada con éxito en países asiáticos y africanos para la clarificación de aguas y eliminación de bacterias.

Los primeros estudios los realizó el Doctor Martin L. Price en 1985 obteniendo muy buenos resultados en la purificación del agua. ⁽⁵⁾

Este método ha sido experimentado en El Salvador por el Doctor Francisco Rafael Castro Schott que obtuvo agua desinfectada utilizando la solución de semilla de "Teberinto", aduciendo que este proceso de purificación se puede hacer en áreas rurales donde no hay servicio de agua potable y utilizan agua de pozo como fuente de agua para consumo humano. ⁽³⁾

Los alumnos y Docentes del Instituto Técnico Ricaldone realizaron una tarea de investigación para purificar el agua utilizando la solución de semilla de "Teberinto" y la prueba salió exitosa. Ellos en su investigación utilizaron aguas lluvias (ácidas) por lo que fueron más impactantes los resultados. Es decir que transformaron aguas lluvias en agua potable (agua purificada) apta para consumo humano. ⁽⁴⁾

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua para consumo que utilizan los habitantes del Barrio El Calvario del Municipio de Guatajiagua proviene del servicio de agua potable que es suministrada por la municipalidad a través de cañería que lleva el agua a los chorros que tiene la mayoría de la población en sus hogares.

Sin embargo a pesar de que se busca satisfacer a la población con agua potable, siempre resulta deficiente, sobre todo en época seca, razón por la cual la población hace uso del agua de los pozos para su actividades diarias del hogar.

El agua subterránea obtenida de estos pozos la utilizan sin darle ningún tratamiento y por lo tanto se convierte en una fuente de contaminación y propagación de enfermedades, ya que como se sabe más del 98% de las aguas se encuentran altamente contaminadas por materia orgánica, heces fecales, etc.

Por tal motivo se busca ofrecer a la población un método de purificación de agua no tradicional que venga a sustituir los métodos comunes de cloración, utilizando otro método de clarificación y purificación natural.

La investigación tiene como finalidad comprobar la efectividad de la solución de semilla de Teberinto (Moringa Oleífera) en la clarificación y eliminación de bacterias coliformes en el agua de los pozos para consumo humano mediante la comparación de los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua potable, realizando análisis bacteriológico antes y después de aplicar dicho método.

1.3 JUSTIFICACION

La contaminación es uno de los principales problemas que afectan al mundo entero. Nadie ésta fuera de su alcance, ya que todos vivimos, por el momento en el mismo planeta y nos afecta a todos.

Los ecosistemas acuáticos son los más afectados por la contaminación. Ellos reciben la mayor cantidad de contaminantes lo que trae como consecuencia, aumento de enfermedades graves al consumir agua contaminada como el cólera, disentería, hepatitis y otras. ⁽⁶⁾

El agua es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar contaminada con restos fecales de humanos o animales y que contienen microorganismos patógenos y ya no ser útil, sinó mas bien nociva. ⁽⁷⁾

La población del Barrio El Calvario del Municipio de Guatajiagua utiliza el agua de los pozos para satisfacer las necesidades del hogar. Dichos habitantes utilizan el agua hasta para consumo humano sin darle ningún tratamiento de purificación, la cual es una posible causa de generación de enfermedades como diarreas, disenterías y otras enfermedades producidas por uso de aguas contaminadas. ⁽⁹⁾

Según diagnósticos y estudios realizados a las aguas de pozos de la comunidad de Guatajiagua, estos se encuentran contaminados con restos fecales y de acuerdo a los parámetros, las aguas no son aptas para consumo humano pero que por el estado de pobreza de los habitantes no tienen otra alternativa, siempre la consumen observando en las personas padecimientos intestinales.

El agua de pozos es una fuente importante de suministro de agua en esta comunidad, por lo que es necesario e importante buscar una

alternativa de solución a este problema de contaminación de aguas de pozos.

Por lo tanto se pretende proponerles a la comunidad de Guatajiagua un método de purificación de forma natural que ayude a eliminar las bacterias coliformes que son la fuente principal de contaminación del agua y a la misma vez la población no incurra en muchos gastos por la aplicación de este método.

Por lo antes expuesto, el estudio de purificación del agua de pozo para consumo humano se realizará utilizando semilla de Teberinto (Moringa Oleífera) la cual es un método que purificará el agua eliminando bacterias coliformes presentes en el agua beneficiando aproximadamente a 435 viviendas y 2930 habitantes del Barrio El Calvario, sabiendo que el 45% de los hogares no tienen acceso al agua potable. ⁽⁸⁾

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Aplicar el método de la semilla de Teberinto (Moringa Oleífera) para la eliminación de bacterias coliformes en las aguas de pozos de mayor contaminación en época seca y lluviosa en El Barrio El Calvario de Guatajiagua, Morazán.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar análisis bacteriológico en muestras de agua de pozo.
- Comparar los resultados de los análisis bacteriológicos con la Norma Salvadoreña Obligatoria de la Calidad del agua potable.
- Aplicar el extracto de semilla de teberinto (Moringa Oleífera) a la muestra de agua de pozo mas contaminado en época seca y lluviosa.
- Realizar análisis bacteriológico al agua tratada con la solución de semilla de teberinto para comprobar la afectividad del método.
- Proponer el método de purificación de agua a la comunidad del Barrio El Calvario.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES.

El Salvador es un país que se encuentra en una zona tropical con una época lluviosa, por esta razón puede abastecer de agua a su población y la agricultura ha sido beneficiada por este recurso, la industria de la generación eléctrica entre otras. ⁽¹¹⁾

Constituye el medio ideal para la vida y hasta hoy no es posible pensar en ningún otro sustrato capaz de sustituirlo, pues la materia viva está fuertemente hidratada y una gran parte de las reacciones químicas características de la vida se realizan entre sustancias disueltas en un medio acuoso. ⁽¹²⁾

El agua de lluvia que cae a la tierra sigue tres cursos: Una parte se va directamente a las corrientes de los ríos, otra se infiltra a los pozos subterráneos de agua y el resto se evapora o se transpira a través de la vegetación. ⁽¹²⁾ (Anexo 1)

El agua no se encuentra en la naturaleza en su forma químicamente pura, compuesta solamente por moléculas de H₂O. Puesto que disuelve a la mayoría de los compuestos sólidos, líquidos, gaseosos en su forma natural se encuentra normalmente impregnado de ellos.

Pero esta propiedad de disolver compuestos extraños es la que provoca serios problemas de contaminación: Los desechos domésticos o industriales incorporados a las masas de agua llegan a hacerla inadecuada y hasta peligrosa para la vida.

Los contaminantes del agua pueden ser de muy diversa índole: materia tóxica, microorganismos infecciosos; estas sustancias dan al agua propiedades indeseables como corrosividad, toxicidad, mal olor, mal sabor y mala apariencia.

Hay que destacar la contaminación por microorganismos patógenos que producen el cólera, la hepatitis, la fiebre tifoidea y la diarrea, que fácilmente pueden ser fatales, sobre todo en los niños. Los tratamientos para purificación del agua suelen ser muy complejos y costosos. ⁽¹³⁾

2.2 LA HIDROSFERA.

El término hidrosfera deriva del griego: Hidro = agua, esta incluye al agua de los lagos, ríos, mares y depósitos subterráneos, al igual que el agua contenida en el hielo, la nieve de la tierra, la que forma parte de las nubes y la humedad que en conjunto representan una cantidad considerable. ⁽¹⁴⁾

La hidrosfera contiene gases disueltos y partículas de la litosfera conocida también como superficie terrestre. ⁽¹⁵⁾

2.3 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA.

Vista desde la superficie lunar, la tierra aparece como una esfera azul cruzada por manchas blancas de las nubes. Tres cuartas partes de su superficie la cubren los mares y océanos; y de las superficies de las tierras emergidas, una décima parte la cubren glaciares y nieves.

El volumen total de agua en la tierra se calcula en unos 1,500 millones de kilómetros cúbicos, y está distribuida así:

97% Mares y Océanos.

2% Glaciares y zonas polares

0.54% Aguas subterráneas.

0.4% Humedad superficial y vapor de agua atmosférica.

0.06% Ríos y lagos.

El total de agua dulce en la tierra es de 39 millones de kilómetros cúbicos y solo el 0.12% del total de agua en la tierra es apta para ser potabilizada.

Del total de agua dulce, la gran mayoría se encuentra en forma de hielo en los casquetes polares: 29 millones de kilómetros cúbicos.

Unos 5 millones de kilómetros cúbicos corresponden a las aguas subterráneas y los otros 5 millones de kilómetros cúbicos de agua son aguas superficiales.⁽¹⁾

2.4 IMPORTANCIA DEL AGUA.

La vida en la tierra ha dependido siempre del agua. Las investigaciones han revelado que la vida se originó en el agua.

El agua constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de organismos, e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos. Desempeña de forma especial un importante papel en la fotosíntesis de las plantas y, además, sirve de hábitat a una gran parte de los organismos.⁽¹⁴⁾

El agua es el líquido de mayor importancia para todos los seres vivos, sinó fuera así, no podría sustentar la vida, porque:

- Regula la temperatura del medioambiente interior de los organismos.
- Conduce los nutrientes a los organismos vivos y elimina sus desechos.
- Lleva el oxígeno a los seres de vida acuática.
- Favorece el crecimiento y da cuerpo a las estructuras vivas.

Dada su importancia, es de primordial interés controlar la calidad del agua, ya que ligeras variaciones en el contenido de algunas de las sustancias presentes puede variar sensiblemente su calidad y hasta la puede convertir en inservible, y, a veces, es altamente peligrosa para la salud.

La mayoría de las grandes ciudades recurren a las aguas superficiales para satisfacer sus necesidades, mientras que las pequeñas comunidades obtienen agua en cantidad suficiente de los manantiales o pozos profundos.

La entrega de agua a los hogares por un sistema de distribución subterráneo es un progreso reciente de nuestra civilización que, sin embargo ha introducido nuevas e importantes vías de propagación de enfermedades contagiosas. En los primeros tiempos, no se trataba adecuadamente el agua ni se tomaban precauciones para evitar la contaminación de las fuentes de abastecimiento del agua; de lo que resultaban epidemias de enfermedades transmitidas por el agua que obligaron a reconocer la necesidad de establecer normas de calidad, métodos de análisis y procesos de tratamiento. ⁽¹¹⁾

2.4.1 Propiedades Físicas.

Color.

Todas las aguas presentan una tonalidad variable, dependiendo de muchas circunstancias. Esta tonalidad, más o menos acusada, es el color del agua que tiene su origen en causas internas y externas. Las primeras se refieren a los materiales disueltos y a los suspendidos en la misma agua, y las segundas, o sea las externas, tienen su origen en la absorción de las radiaciones de mayor longitud de onda.

A su vez, este color del agua es de dos tipos: El aparente, que es el color que presenta el agua bruta, y el verdadero, que es el que queda después de haber separado la materia en suspensión.

Las sustancias productoras de color son muy variadas, y proveen en conjunto las diversas tonalidades de agua.

El color café amarillento o pardo es producido por materia orgánica diversa, proveniente de hojas, turba, troncos, etc. Y está formada por compuestos como el humus, ácidos tánicos, etc.

El color verde se presenta cuando el agua es relativamente rica en fitoplancton, clorofíceas, etc.

Sin embargo, es muy poco lo que se sabe acerca de la composición de la materia colorante, excepto que es probablemente una mezcla compleja de un cierto número de compuestos orgánicos en forma coloidal cuya mayoría tiene carga eléctrica. Estas partículas responsables del color están fundamentalmente provistas de carga negativa y pueden descargarse y flocular cuando se las somete a la acción de un campo eléctrico.

Las aguas tratadas, pueden presentar una coloración debida a defecto de tratamiento, es decir, que no haya sido capaz de quitarle el color.

En el agua el color puede ser de origen mineral, vegetal o animal, causado por sustancias metálicas (Fe, Mn), sustancias orgánicas en descomposición, humus, taninos, algas, plantas acuáticas o protozoos. El color puede ser debido a contaminación natural o también puede ser consecuencia de la actividad del hombre.

La presencia de color es un síntoma de contaminación, aunque no constituye en sí un peligro directo para las personas que consumen el agua.

La presencia de color tiene siempre que determinar sospechas sobre la calidad del agua. ⁽¹⁰⁾

El color, olor, sabor y turbidez son propiedades organolépticas, es decir aquellas características percibidas directamente por los órganos sensoriales del hombre. Esto lleva, muchas veces al consumidor del agua a evaluar su calidad en función de dichos parámetros, ya que debe ser inodora, es decir, carecer de aroma propio, incolora, no tener color (ser transparente), debe ser insípida, es decir, no tener sabor alguno (por eso se le denomina "simple"). ⁽⁶⁾

Turbidez.

La turbidez de las aguas es una expresión de la propiedad óptica, que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar que se transmitan en línea recta a través de ella. La determinación de la turbidez es aplicable a cualquier muestra de agua que se encuentre libre de basura o sedimentos.

Este parámetro puede ayudar a indicar un peligro potencial ya que la turbidez del agua puede estar relacionada con su contaminación. ⁽¹⁰⁾

2.4.2 Propiedades Químicas.

pH.

El pH del agua es un parámetro muy importante porque afecta el tratamiento del agua y puede contribuir fuertemente a la corrosión de cañerías y otras instalaciones hidráulicas; la corrosión, además de crear problemas técnicos, tiene efectos higiénicos ya que en este proceso se adicionan al agua, Fe, Cu, Zn y otros minerales.

Las aguas naturales tienen valores de pH entre 5 y 9 siendo las más ácidas (las de pH menor de 7) las ricas en CO₂ y las más alcalinas (pH mayor de 7) ricas en bicarbonatos.

El valor de pH indica la acidez actual y es un parámetro primordial; es recomendable que su valor esté dentro del intervalo 7 – 8.5 como óptimo y nunca tendrá que salir del intervalo 6.5 – 9.1 ⁽¹⁰⁾

Dureza total, calcio y manganeso.

Se define la dureza total (Dureza carbónica + dureza no carbónica) como la característica del agua que representa la concentración total del calcio y magnesio, expresada como su equivalente en CaCO₃. La dureza carbónica es debida a carbonatos y bicarbonatos de Ca y Mg y la dureza no carbónica a sulfatos, cloruros y nitratos de estos mismos elementos. ⁽¹⁰⁾

Con respecto al calcio, el máximo aceptable es de 75 mg/L mientras que la concentración máxima admisible es de 200 mg/L.

Para el magnesio el nivel máximo aceptable según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 50 mg/L. Sin embargo, otras organizaciones tienen normas más estrictas; evaluando un agua por su contenido de magnesio, debe relacionarse con el contenido de sulfatos, ya que con altos niveles de Mg y SO_4 nacen problemas gastrointestinales para el consumidor. Estos problemas se dan ya cuando el nivel de Mg es de 30 mg/L si, contemporáneamente la concentración de sulfatos está baja, se pueden admitir concentraciones de magnesio hasta 125 mg/L.⁽¹⁰⁾

Hierro y Manganeseo.

El hierro y el manganeseo están en el suelo y en las rocas bajo formas de compuestos oxidados e insolubles, así que no pueden, bajo esta forma ser conllevados por el agua.

Sin embargo, en particulares condiciones, sobre todo cuando las aguas se empobrecen de oxígeno, reacciones químicas de reducción pueden volver solubles al hierro y al manganeseo, así que se pueden encontrar en el agua, ya sea superficial o subterránea.

Los efectos principales del hierro en las aguas son los de favorecer el desarrollo de microorganismos, y de conferir mal sabor y de crear depósitos en los sistemas de distribución de agua debido a precipitación de hidróxidos que pueden crear costras en tanques y cañerías. La cantidad aceptable de hierro es de 0.1 mg/L mientras que la concentración máxima admisible es de 1.0 mg/L. En el caso del hierro

las organizaciones internacionales y los distintos autores no indican los mismos valores de concentración máxima admisible; algunos fijan este valor a 0.2 mg/L, otros a 0.3 mg/L, etc. En este sentido el valor de 1.0 mg/L arriba mencionado es alto, sin embargo, siendo indicados por la OMS, hay que considerarlo confiable aunque haya que tener un cuidado particular ya que estas indicaciones nos empujan a considerar niveles más bajos. ⁽¹⁰⁾

El manganeso, cuya química se parece mucho al del hierro, también puede provocar efectos negativos en el agua; este elemento, que es menos frecuente y abundante que el hierro se encuentra en el agua bajo forma de bicarbonatos y, oxidándose, puede flocular o precipitar creando turbiedad y costras. Además de esto, como el hierro, el manganeso puede conferir malos olores y sabores al agua para el consumo humano.

La concentración máxima aceptable de manganeso en las aguas potables es de 0.1 mg/L, y el nivel máximo admisible es de 0.5 mg/L.

La presencia de Hierro y Manganeso no está estrictamente ligada a fenómenos de contaminación, sin embargo, aunque sea de origen natural, esta presencia es negativa y tiene que ser eliminada. ⁽¹⁰⁾

2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS EN EL AMBIENTE.

Según su disponibilidad del agua en el ambiente se clasifican en:

- Aguas superficiales: Son aguas que se encuentran en los caudales de los ríos, lagos, lagunas o las de una cuenca de embalse, presa, etc.

- Aguas Meteóricas: Son aguas que se encuentran en la superficie de la tierra, procedente de la atmosfera en forma de lluvia o nieve.
- Aguas subterráneas: Son masa de agua contenida en el suelo, subsuelo y rocas subyacentes, por encima de una capa impermeable y por debajo de la superficie subterránea.

El agua se infiltra a través del suelo dando lugar a las aguas subterráneas, que presentan una mineralización muy elevada como consecuencia del propio proceso de infiltración. ⁽¹⁶⁾

Según su uso, se dividen en aguas potables y no potables.

- Agua potable: Es aquella que reúne las características siguientes, limpia, pulcra, inodora, insípida, sin partículas que la hagan turbia, no debe contener mas de medio gramo de sales minerales(Na, Cl, K, I) por litro. Debe estar exenta de materia orgánica, y no tener organismos biológicos patógenos.

Para consumir el agua potable debemos potabilizarla: Sacarle las impurezas por medio de filtros sucesivos, luego deben eliminarse los microorganismos que pudieran existir con cloro y otros agentes purificadores.

- Agua no potable: Es aquella agua cuyas condiciones físico-químicas o caracteres microbiológicos o de radiactividad, toxicidad son elevadas y queda prohibida su distribución y su consumo. ⁽¹⁷⁾

2.6 AGUA SUBTERRÁNEA.

El agua potable proviene del agua superficial o del agua subterránea. Y se define como el agua que nuestros sistemas bombean y tratan de las fuentes expuestas al ambiente, tales como ríos, lagos y represas.

El agua subterránea es aquella que se encuentra bajo la tierra a causa de la infiltración de las precipitaciones en los pozos del suelo, está distribuida de manera desigual, y solamente una pequeña cantidad es económicamente explotable. (Anexo 2)

La mayor parte de los acuíferos se vuelven a llenar de manera natural por las precipitaciones que se infiltran por el suelo y roca.

Un pozo se define básicamente como cualquier excavación para remover, localizar o artificialmente recargar agua subterránea.

La cantidad de agua producida por un pozo depende de la naturaleza de la roca, arena o tierra del acuífero. Los pozos de agua potable pueden ser poco profundos o profundos de 30 a 32 metros. ⁽¹⁸⁾

Los pozos de abastecimiento de agua subterránea se suelen dividir en dos grupos.

a- Pozos excavados de menor protección.

Son pozos excavados a mano. Existen varios tipos dentro de esta categoría que varían según la protección pero, todos presentan un alto riesgo de contaminación.

b- Pozos de extracción manual y mecánica de mayor protección.

Son pozos tubulares profundos o poco profundos con bombas manuales o mecánicas, para lograr mayor protección sanitaria, deben tener una plataforma de hormigón reforzado encima de la

boca del pozo de un diámetro mayor que el del elevador con tres metros de profundidad aproximadamente.

La perforación mecánica en estos pozos permite llegar a acuíferos profundos donde hay menos contaminantes.

La profundidad del pozo es un factor importante cuando se considera el riesgo de contaminación del agua subterránea, a menos profundidad, mayor infiltración de contaminantes desde la superficie del suelo; como también la localización de los pozos, si está ubicado cuesta abajo de una fuente de contaminación está expuesto a un riesgo mayor de contaminación que un pozo cuesta arriba o lejos de la misma. ⁽¹⁹⁾

2.7 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

La contaminación del agua subterránea se define como la presencia de elementos y sustancias en concentraciones no deseadas, que pueden afectar a la salud o bienestar del hombre, o ser una amenaza de la naturaleza.

Se pueden diferenciar dos tipos de contaminación:

Contaminación natural: Es el resultado del equilibrio dinámico de la tierra, actividades geofísicas y ciclos naturales del agua.

Contaminación Artificial (antropogénicas): Es el resultado de las actividades y presencia del hombre. ⁽¹⁴⁾ (Anexo 3)

El agua freática es el agua subterránea que constituye una fuente muy importante para extraer agua para beber y para riego agrícola, pero como su proceso de renovación es muy lento, resulta una fuente de

agua fácil de agotar. Por otra parte, la contaminación del agua subterránea puede considerarse permanente.

Algunas bacterias y la mayoría de los contaminantes sólidos son removidas o eliminadas cuando el agua superficial contaminada se filtra en el suelo a los mantos acuíferos. Pero este proceso puede llegar a ser sobrecargado por grandes volúmenes de desechos domésticos e industriales. A pesar de que el suelo si retiene algunas sustancias contaminantes, no puede retener ni virus ni muchas bacterias o sustancias químicas orgánicas las cuales se disuelven en las aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas no pueden depurarse por si mismas, ya que las corrientes de estas son lentas y no turbulentas, y los contaminantes no se diluyen ni se dispersan fácilmente. Para que las aguas subterráneas contaminadas puedan liberarse por sí mismas de los desechos contaminantes tienen que pasar miles de años. ⁽¹⁷⁾

Su contaminación está generalmente relacionada con una inadecuada eliminación de los desechos sobre el suelo, destacándose los residuos químicos y del hogar, la basura de rellenos sanitarios, los lodos cloacales y sistemas sépticos.

Los pozos excavados de menor protección son generalmente, las peores fuentes de agua subterránea en cuanto a contaminación fecal. ⁽¹⁹⁾

2.7.1 Contaminación Biológica.

La contaminación biológica es una contaminación producida por microorganismos patógenos y materia orgánica fermentable, procedente de las aguas fecales, la industria y agroindustria. ⁽¹²⁾

La contaminación biológica considera como contaminantes aquellos seres o productos biológicos que afectan al hombre y su entorno, ya sea amenazando a su salud o a su disponibilidad de alimento. ⁽¹⁹⁾

El principal problema que puede entrañar la contaminación microbiológica de las aguas subterráneas consiste en la propagación de enfermedades producidas por bacterias o virus que sean introducidas en el acuífero por los vertidos de productos fecales de origen humano o animal. ⁽²⁰⁾

2.7.2 Contaminación Química.

Los contaminantes químicos son muy variados y se pueden clasificar en iones normales, iones nitrogenados, materia orgánica, metales pesados y compuestos tóxicos. ⁽²¹⁾

Esta contaminación producida por productos químicos con diferentes niveles de toxicidad procedentes de la industria, domicilio, y la producción agropecuaria.

Entre estos contaminantes tenemos: Nitratos, fosfatos, sales de plomo, mercurio, fertilizantes, pesticidas, agroquímicos, pinturas, desinfectantes, abonos, detergentes, petróleo y sus derivados. ⁽¹²⁾

2.7.3 Contaminación Térmica.

La temperatura y la radiación también contaminan el agua, las industrias y sus procesos de producción envían a las aguas residuos excesivamente calientes que alteran la vida acuática. ⁽¹²⁾

De modo general, diremos que contaminación térmica es el deterioro de la calidad del aire o del agua ambiental, ya sea por incremento o descenso de la temperatura, afectando en forma negativa a los seres vivientes y al ambiente. Generalmente esta contaminación es de origen antropogenico, causado por la disposición de calor en exceso o de desechos térmicos como resultado de los procesos de enfriamiento de las plantas generadoras de energía.

La contaminación térmica es una forma importante de contaminación en sistemas acuáticos y ocurre, en la mayoría de los casos, cuando el agua utilizada para el enfriamiento de las plantas generadoras de energía es liberada al medio ambiente a una temperatura mayor de la que se encontraba naturalmente (9 y 20⁰C mas caliente)

Los ambientes acuáticos son los más susceptibles a este tipo de contaminación ya que el agua es el regulador de temperatura más abundante y barato que la industria y plantas generatrices utilizan.

La contaminación térmica hace que la temperatura del agua se eleve y sea más favorable para organismos patógenos. Por lo que una frecuencia baja de enfermedades en los peces podría convertirse en una mortalidad masiva de los mismos al hacerse los patógenos más virulentos y los peces menos resistentes al haber aumento en la temperatura del agua.

La contaminación térmica estimula la actividad bacteriana y parasítica (hongos, protozoos, nematodos, etc.), haciendo el sistema más susceptible a enfermedades y parasitismo por organismos oportunistas. (17)

2.8 IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN EN LA SALUD HUMANA.

El agua contaminada puede producir efectos muy negativos, ya que provoca enfermedades humanas de corto, mediano y largo plazo.

Según el ministerio de salud pública y asistencia social (MSPAS), las enfermedades gastrointestinales son una de las primeras seis causas de muerte en el país. Las bacterias más frecuentes en las aguas contaminadas son los Coliformes fecales. (22)

2.9 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA.

Todas las aguas, ya sean superficiales o subterráneas, son complejas comunidades de organismos vivientes; la química del agua está muy fuertemente enlazada con su biología, ya que todos los organismos son considerados como "pequeño" laboratorios "químicos", que pueden modificar, según los casos, todos los parámetros químicos del agua.

A pesar de todos los tipos de seres vivos que se pueden encontrar en las aguas, algas, protozoarios, bacterias, virus, invertebrados y vertebrados, lo que interesa, respecto a la calidad del agua para consumo humano son los microorganismos, ya que es entre ellos que se clasifican los patógenos para el hombre. (10)

2.10 CARACTERISTICAS TAXONOMICAS Y BOTANICAS DEL TEBERINTO (Moringa Oleífera).

2.10.1 Clasificación taxonómica.

Reino ----- Plantas
Sub – división ----- Embriophyta Siphonóganea
Tronco ----- Espormatophyta
División ----- Anthophyta
Clase ----- Dicotiledónea
Orden ----- Rhoedales
Familia ----- Moringaceae
Genero ----- Moringa
Especie ----- Oleífera
Nombre Científico ----- Moringa Oleífera ⁽²³⁾

2.10.2 Nombres comunes.

Teberinto, Terebinto, Narango, (El Salvador); Moringa, Marango, Paraíso, paraíso blanco (América Central); Ben, Ángela, Jazmín Francés (Colombia, Puerto Rico); Palo de abeja (República Dominicana); Palo Jeringa (Cuba); Perlas (Guatemala); Jacinto (panamá); Reseda (España); Árbol de los espárragos, Chinto borrego (Oaxaca, México);

Horseradish tree (Estados Unidos); Maranga Calelù (Honduras Británicas).

2.10.3 Origen y distribución.

El Teberinto es un árbol originario del sur del Himalaya, nordeste de la India, se ha difundido a casi todo los países tropicales de Asia, África y América.

En América su cultivo se extiende desde el sur de Florida y California hasta Perú, Paraguay y Brasil.

En América Central fue introducida en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas.

En las zonas de El Salvador donde abunda esta planta son San Miguel, San Salvador, Sonsonate y Usulután. ⁽³⁾

2.10.4 Descripción botánica.

Alcanza de 5 a 10 metros de altura, con tronco de 25 a 30 cms. de diámetro, de copa ancha pero poco densa, con ramas extendidas, corteza blanquizca y raíces ligeras y gruesas, hojas alternas, pequeñas, doble o triple pinnada. Las flores aparecen en racimos, son pequeñas de color blanco, olorosas, tienen 5 pétalos y 5 estambres. El fruto es una capsula alargada de alrededor de 40 cms de largo, que se abre en 3 y contienen 13 a 18 semillas subglobulosa de color moreno de 1 cm de diámetro provista de tres alas blancas. La madera es suave y ligera. ⁽²⁴⁾

2.10.5 Condiciones de cultivo.

Climas y suelos.

El Teberinto es una especie de climas tropicales que se encuentra principalmente desde el nivel del mar hasta 600 metros sobre el nivel del mar. Aunque en México asciende hasta 1200 metros sobre el nivel del mar en lugares abrigados. Crece en climas semi-áridos, semi-húmedos y húmedos: Desde 300 mm. (Pero con suelos frescos) hasta 2,000 mm. de lluvia anual. Crece mejor en suelos neutros o ligeramente alcalinos, en zonas semi-húmedas con 800 – 1200 mm. de lluvia y hasta 6 meses de sequía. También se adapta en suelos ácidos, Prefiere los suelos ligeros, frescos y bien drenados.

Crece bien en suelos rocosos. Soporta suelos salinos. ⁽²⁵⁾

Propagación.

Por semillas: Hay 4,000 – 6,000 semillas por kilo, que no conserva por mucho tiempo su poder germinativo. Se siembra directamente en bolsas, germinan en 3 – 4 días y crecen rápido, preferiblemente en la sombra. Las plántulas de menos de 6 meses son frágiles y no soportan el trasplante en regiones áridas. En zonas húmedas se pueden trasplantar a las 9 – 10 semanas.

Por estacas: Se propaga fácilmente por estacas grandes, de por lo menos 1 metro de largo y 4 cm. de diámetro. En Guatemala los agricultores consideran que solamente las estacas cortadas en luna llena, en época lluviosa, enraízan correctamente. ⁽²⁴⁾

Plantación.

Se planta a distancias variables según su uso. Para el consumo de hojas y raíces, se siembra a veces como una hortaliza, y se arranca a las pocas semanas. El árbol joven es frecuentemente destruido por los animales, por lo cual, es preferible usar estacas grandes. El Teberinto soporta muy bien la poda y se le puede dar una forma arbustiva para cercas o podarlo a cierta altura. Una poda al año como mínimo, permite obtener un árbol vigoroso y productivo. En cultivos asociados, se puede podar para control de sombra varias veces al año. ⁽²⁴⁾

Producción.

El Teberinto es de crecimiento rápido. Produce frutos a los dos años, hasta 10 toneladas por hectáreas y por año. ⁽²⁴⁾

Plagas y enfermedades.

Es atacado por los comejenes de la madera seca y varios insectos como *Heliothis armiguera* (oruga que ataca los frutos) *Eupterota molliefera* y *Tetragonia siva*. ⁽²⁴⁾

2.11 USOS DEL TEBERINTO

2.11.1 Usos de la planta de Teberinto

Las capsulas tiernas son comestibles y se usan en sopa o se preparan a manera de espárragos. (Anexo 4) Las hojas tiernas son comestibles, similares a las espinacas; Son una fuente excepcional de vitaminas A, B y C, de calcio, hierro y de dos aminoácidos azufrados constituyentes de las proteínas, la metionina y la cistina. (Anexo 5)

Se recomienda en la dieta de niños y la prevención de la anemia. Deben separarse las hojuelas de sus tallitos que no se ablandan. Los frutos muy verdes se consumen cocinados y son de sabor agradable, deben romperse fácilmente, de lo contrario contienen muchas fibras. Las semillas verdes se consumen antes de que se vuelvan amarillas y son de sabor comparable a los guisantes, deben limpiarse y cocinarse una primera vez en agua hirviendo durante unos minutos para eliminar una película de sabor amargo. Se bota la primera agua. Las semillas secas molidas se usan como condimentos en salsas.

La raíz de las plantas nuevas se utiliza rayada como condimento picante, con un sabor parecido al rábano blanco, de ahí su nombre inglés de "Horseradish tree". ⁽¹⁰⁾

Se prepara una salsa picante cocinando la raíz con vinagre. Las flores se consumen hervidas y en ensaladas y con la resina del tronco se pueden espesar las salsas como se hace con harina de trigo; también las semillas maduras se tuestan y se consumen como nueces, siendo su sabor dulce, ligeramente amargo y agradable, las almendras son oleaginosas. ⁽¹⁰⁾ (Anexo 6)

2.11.2 Utilización del aceite

De las semillas se extrae el aceite de Teberinto, de excelente calidad y conservación que se usa en alimentación; como lubricante en mecánica de precisión (relojes, etc.) y en la industria cosmética. ⁽¹⁰⁾

El aceite transparente, inodoro, sabor amargo, abundante (24%) que no rancia nunca. Este aceite es muy apreciado por la industria cosmética para la preparación de aceites finos y perfumados de jazmín,

violeta, azahar, etc., debido a que no altera el aroma natural de las flores. Al extraerlo se separa en dos partes, una más densa, fácilmente congelable, y la otra más fluida y limpia, que no se espesa al contacto del aire y es la que se utiliza. ⁽¹⁰⁾

2.11.3 Usos medicinales.

Las hojas, semillas, flores, corteza y raíces tienen propiedades medicinales entre otros como desinfectantes y anti – escorbútico.

Las cortezas se han aplicado contra el escorbuto en tisanas. Se ha recomendado la tintura de raíz seca de Teberinto contra la hidropesía de causa

renal o malàricas; tiene efectos diuréticos muy notables a la dosis de una cucharadita de tintura cada 3 horas en forma de jarabe. ⁽¹⁰⁾

2.11.4 Usos agroforestales.

El Teberinto se planta por estacas grandes y se usa para cercas vivas, sombra ligera (excelente para hortalizas y cultivos de ciclo corto), sostén vivo para trepadoras y cortinas rompe – vientos. Las hojas se pueden usar como abono verde. ⁽¹⁰⁾

2.11.5 Plaguicidas naturales.

Las hojas contienen un principio fungicida activo contra los hongos de “derretimiento” de las plántulas. Se entierran hojas en el semillero una

semana antes de la siembra. El jugo de las raíces tiene propiedades nematicidas. ⁽¹⁰⁾

2.11.6 Otros.

La leña no es muy buena, pero aceptable, en cambio no dan buen carbón. La madera es blanda y no resiste a los comejenes, se usa para pulpa de papel. El polvo de la semilla se usa para aclarar la miel. Se planta como ornamental. ⁽¹⁰⁾

2.12 APLICACIÓN PARA FINES DE AGUA POTABLE.

Las vainas de semilla de Teberinto se colectan ya maduras y secadas en el arbusto; se pelan y se colocan al sol durante 5 días. ⁽⁴⁾ Las semillas ya bien secas se abren, quitándoles la cascarita y dejando una pequeña "almendra" blanquecina, la cual es finamente molida, tipo harina. ⁽²⁶⁾ luego se mezcla la harina con un poco de agua y se filtra a través de un tejido. La suspensión así formada se echa al agua que se quiere purificar, mezclar lentamente durante 5 minutos. Después se deja reposar. Al cabo de una hora el polvo de teberinto provoca la sedimentación de todas las impurezas en suspensión en el agua; se logra eliminar hasta el 99% de las impurezas y bacterias. Se usa el equivalente de una semilla para 2 litros de agua sucia y 1.0- 1.5 semillas para 1 litro de agua muy sucia. Esta propiedad extraordinaria del Teberinto es hoy en día el objeto de investigaciones y proyectos de difusión. ⁽²⁴⁾

2.12.1 Contenido nutritivo de la semilla de teberinto.

La médula de la semilla de Teberinto tiene los siguientes componentes en miligramos: Vitamina A 1,130 mg, Vitamina C 220 mg, Calcio 440

mg, Potasio 259 mg, Proteínas 6,700 mg. También presenta la siguiente composición en gramos: 34.7% aceite graso, 3.2% ceniza, 3.5% fibra, 16.4% extracto libre, 38.4% proteína cruda, 4.08% agua.⁽³⁾

2.12.2 Capacidad purificadora de la semilla de teberinto.

Para tratar agua con turbiedad moderada, se requieren de 150 a 300 mg de semilla molida por litro de agua turbia y contaminada.⁽²⁶⁾

La semilla de Teberinto es un bactericida y con cinco semillas pulverizadas actúan como purificador de 1 galón de agua sucia.⁽³⁾

2.12.3 Acción purificadora de la semilla de Teberinto.

La semilla de Teberinto contiene muchos nutrientes, entre ellos las proteínas que se encuentran en mayor cantidad y estas al incorporarse al líquido produce proteínas solubles con cargas positivas que eliminan las cargas negativas de las bacterias siendo el resultado agua desinfectada.⁽³⁾

3.0 GENERALIDADES DE LAS BACTERIAS COLIFORMES.

Los organismos Coliformes, los Coliformes fecales y Escherichia Coli se utilizan en primer lugar para indicar una contaminación en principio potencialmente peligrosa basándose en el hecho de que el hábitat natural de la familia de bacterias a que pertenecen son las heces humanas y de otros mamíferos. Escherichia Coli se acepta de modo

general como indicador más positivo de contaminación fecal; una población de Coliformes fecales es posible que contenga una alta proporción de Escherichia Coli o sus variantes probablemente de origen fecal reciente.

En términos generales las bacterias Coliformes son enzimáticamente activas. Todas ellas fermentan la lactosa, fructosa, glucosa y maltosa con producción de ácido y gas. ⁽²⁴⁾

Cuando se utiliza la técnica de tubos múltiples también llamado análisis bacteriológico, el grupo Coliformes totales se define como todas las bacterias bacilares, aerobias y facultativas anaerobias, gram negativas, no formadoras de esporas las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 24 a 48 horas a 35°C – 37°C. Es un indicador de contaminación microbiana.

El grupo Coliformes fecales, se llaman bacterias Coliformes termotolerantes y que tienen las mismas propiedades de los Coliformes totales. En su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente.

Las Escherichia Coli son bacterias aerobias o anaerobias facultativas, gram negativas, no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal. ⁽¹⁸⁾

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO.

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Guatajiagua es un municipio del departamento de Morazán. Se encuentra a 14 kilómetros al oriente de San Francisco Gotera y a 150 kilómetros de San Salvador. (Anexo 7)

El municipio de Guatajiagua se divide en 4 barrios:

Barrio el centro, Barrio de arriba, Barrio la cruz y Barrio el calvario. ⁽⁸⁾
(Anexo 8)

La zona de estudio elegida es el barrio el calvario que cuenta con 435 viviendas y 2930 habitantes y un 45% de hogares que no tienen acceso al agua potable. ⁽⁸⁾ (ver Anexo 9)

3.2 TIEMPO DE ESTUDIO.

La investigación se realizó entre los meses de Septiembre de 2010 a Abril de 2011.

3.3 RECOLECCIÓN DE LA SEMILLA DE TEBERINTO.

Se realizó un reconocimiento de algunas zonas para localizar plantaciones de Teberinto, encontrando plantaciones en la Colonia Toledo del Municipio de San Miguel y también en una zona de Guatajiagua.

Procedí a recolectar las vainas maduras y secadas en el arbusto, se extrajo la semilla acumulando un total de 5 libras y se colocaron al sol durante 5 días, (Anexo 6) ya bien seca se abren, quitándoles la cascarita y dejando una pequeña “almendra” blanquecina, esta se muele para obtener la harina que se utilizó posteriormente para el análisis. (Anexo 10)

3.4 LUGAR DE MUESTREO.

Las muestras de agua se tomaron de 5 pozos del Barrio El Calvario, el cual está situado en la parte sur del municipio de Guatajiagua Departamento de Morazán. (Anexo 9)

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.

El Barrio se dividió en 5 subpoblaciones. De cada una de ellas se tomó una muestra para determinar el grado de contaminación que hay en toda la Zona de estudio.

Para la aplicación del método se utilizó el agua del pozo que presentó mayor grado de contaminación.

3.5.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRA.

La recolección de las muestras se efectuó, siguiendo el procedimiento establecido por la norma y técnica de tubos múltiples.

Para el análisis bacteriológico se utilizaron recipientes de vidrio color ámbar, con tapón esmerilado, estéril protegido con un gorro de papel sujeto por un cáñamo con capacidad de 150 ml.

El agua que se utilizó para la aplicación del método se recolectó en un cántaro con capacidad de 17 litros para realizarle análisis bacteriológico cada día para medir el tiempo de efectividad del método

3.5.2 TRATAMIENTO Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS.

Tomadas las muestras se introdujo a una hielera para preservarla a 4°C de temperatura, garantizando que el estado de las muestras permaneciera inalterable durante el periodo establecido para dicho fin.

3.5.3 TRASLADO DE LAS MUESTRAS.

Una vez tomadas las muestras, las trasladé al Laboratorio de análisis de agua de la Sección de Química de la FMO, preservándolas siempre a 4°C donde realicé el análisis bacteriológico a cada muestra.

3.5.4 PERIODO DE MUESTREO Y NÚMERO DE MUESTRAS.

Los muestreos se realizaron entre los meses de Septiembre de 2010 a Abril de 2011, dentro del cual se realizaron tres muestreos, recolectando las 5 muestras en diferentes periodos.

Para el análisis bacteriológico se tomaron 5 muestras, una muestra por cada una de las subpoblaciones seleccionadas, con un volumen de 100 ml de muestra.

Para la aplicación del método de purificación natural se eligió el agua del pozo que presentó mayor contaminación, o sea el pozo del punto de muestreo N° 5 (Anexo 9)

El agua de este pozo se recolectó en un cántaro de plástico con capacidad de 17 litros y se le agregó 28 semillas pulverizadas, sabiendo que se utiliza el equivalente de 2 semillas pulverizadas por cada litro de agua contaminada.

De esta se fue haciendo análisis bacteriológico cada día para verificar el tiempo que dura la efectividad del método

3.6 PARTE EXPERIMENTAL.

En el presente trabajo de investigación, se describen los pasos del método de análisis utilizado, así como los límites permitidos de bacterias por cada 100 ml de agua.

3.6.1 Análisis bacteriológico.

Método: Tubos Múltiples.

- ✓ Preparación de Caldo Lactosado Fluorocult.
- ✓ Pesar 17 gramos de Fluorocult y disolver en un litro de agua destilada.
- ✓ Depositar en un balón de 1 litro.
- ✓ Depositar 10 ml de caldo a cada uno de los tubos de ensayo (75 tubos), tapar los tubos con torundas de algodón.

- ✓ Colocar en una autoclave y calentar hasta 228 °F de temperatura por 15 minutos. (Anexo 11)
- ✓ Después de calentar en el autoclave, preparar una serie de 15 tubos de ensayo.
- ✓ Agregar a 5 tubos 10 ml de muestra y rotular los tubos 10/10
- ✓ Agregar a otros 5 tubos 1 ml de muestra y rotular 1/10
- ✓ Agregar a los 5 tubos que quedan 0.1 ml de muestra y rotular 0.1/10
- ✓ Colocar los tubos de ensayo en la incubadora por un periodo de 24 horas a una temperatura de 37 °C y observar el crecimiento de bacterias. (Anexo 12)
- ✓ Después de las 24 horas, proceder a realizar los análisis respectivos, en la cámara de gases. (Anexo 13)
- ✓ Para analizar los Coliformes Totales, observé cada una de las diluciones, la presencia de un color verde azul, indica la presencia de Coliformes Totales. (Anexo 14)
- ✓ Para Coliformes Fecales, se hizo uso de una lámpara que producía radiación ultravioleta, la presencia de fluorescencia en cada una de las diluciones, era indicativo que habían Coliformes Fecales. (Anexo 15)
- ✓ En el análisis de Escherichia Coli: A los tubos que dieron positiva la prueba anterior, le agregué 2 gotas de reactivo de Indoll a cada uno de los tubos de ensayo, la presencia de un anillo de color violeta indica la presencia de E. Coli. (Anexo 16)

3.6.2 Preparación de la solución de semilla de teberinto.

La semilla recolectada se sometió a un proceso de secado al sol por un periodo de 5 días antes de ser utilizada; es importante mencionar que la

harina se obtuvo triturando la semilla sin testa haciéndolo manualmente en un mortero luego se mezcla la harina con un poco de agua destilada y se filtra a través de un tejido. La suspensión así formada se hecha al agua que se quiere purificar.

3.6.3 Proceso de Floculación.

La floculación consiste en agitar suavemente el agua tratada con coagulante, durante cierto periodo de tiempo para completar las reacciones de coagulación.

La suspensión de Teberinto preparada se filtró a través de una manta para luego ser agregada al agua en análisis.

En este estudio se evaluó el tiempo de efectividad del método.

3.6.4 Aplicación de la solución de semilla de teberinto al agua contaminada con coliformes.

Para la aplicación del método de purificación de agua de forma natural se utilizó el agua de pozo que tenía mayor contaminación, el proceso fue el siguiente:

El agua de este pozo se recolectó en un cántaro de plástico con capacidad de 17 litros y se pulverizaron 28 semillas, sabiendo que se utiliza el equivalente de 2 semillas pulverizadas por cada litro de agua contaminada. Ya bien pulverizadas las semillas se agregó a un litro de agua contaminada lo agité y lo agregué al cántaro que tenía 16 litros de agua contaminada, la dejé en reposo. Al cabo de una hora el polvo de teberinto provoca la sedimentación de todas las impurezas del agua.

Filtré el agua, y de esta estuve llevando muestras en diferentes periodos para realizarle análisis bacteriológico y verificar el tiempo que dura la efectividad del método.

3.7 CONDICIONES DE TRABAJO.

El laboratorio donde se llevó a cabo la investigación, se contaba con el equipo básico para la preservación, tratamiento y análisis de las muestras recolectadas.

3.8 EQUIPO, MATERIAL Y REACTIVO.

Equipo.

- Balanza analítica (Chimadzu), modelo Ax200
- Refrigerador
- Cámara de extracción de gases.
- Autoclave.
- Incubadora.
- Estufa.
- Lámpara de luz UV

Materiales.

- Cántaro de plástico con capacidad de 17 litros.
- Frasco de vidrio color ámbar de 100 ml.
- Hielera.
- Pinzas para tubos de ensayo.
- Algodón.
- Fósforos

- Frascos volumétricos
- Beakers
- Agitador de vidrio
- Vidrio de reloj.
- Embudo de vidrio
- Tubos de ensayo
- Gradilla para tubos de ensayo
- Guantes estériles descartables
- Mascarillas
- Toallas
- Pipetas Graduadas
- Micropipeta
- Probetas
- Mechero de alcohol
- Frasco lavador
- Goteros
- Papel craft
- Cáñamo
- Gabacha

Reactivos.

- Reactivo de Indoll
- Fluorocult
- Acido clorhídrico concentrado
- Alcohol etílico
- Detergente
- Lejía

CAPITULO IV

PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 CUADROS DE RESULTADOS

Cuadros de resultados del análisis bacteriológico realizado a cada una de las 5 muestras analizadas antes de aplicar el método de purificación del agua con la solución de semilla de Teberinto (Moringa Oleífera).

MUESTRA 1

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	0	0	80	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	5	5	5	Positivo	Negativo

MUESTRA 2

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	4	1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	1	0	30	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	5	5	5	Positivo	Negativo

MUESTRA 3

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	0	2	40	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	5	5	5	Positivo	Negativo

MUESTRA 4

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	4	1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	1	0	30	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	5	1	3	Positivo	Negativo

MUESTRA 5

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	5	5	5	Positivo	Negativo

Cuadros de resultados del tratamiento de la muestra de agua del pozo más contaminado utilizando la solución de semilla de Teberinto en diferente periodo de tiempo.

DÍA 1

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	4	1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	4	4	166	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	0	0	0	Negativo	Negativo

DÍA 2

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	0	0	0	Negativo	Negativo

DÍA 3

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	0	0	0	Negativo	Negativo

DÍA 4

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	0	0	0	Negativo	Negativo

DÍA 5

TIEMPO	24 HORAS			NMP/100ML	NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE
DILUCION	10 ml/10	1 ml/10	0.1 ml/10		
PARAMETRO					
Coliformes totales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Coliformes Fecales	5	5	5	>1600	<1.1 NMP/100 ml
Escherichia Coli	5	5	5	Positivo	Negativo

4.2 ANALISIS DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en las muestras de agua de los pozos antes de aplicar el método de purificación con la semilla de Teberinto, con respecto a la cantidad de bacterias presentes (Coliformes Totales, Coliformes Fecales, E. Coli) se observan que supera los valores permitidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

Se observa que, en cuanto a los Coliformes Totales todos los tubos de las diluciones de las muestras dieron positivas, con promedio de 1600 Numero Mas Probable por 100 ml de muestra (NMP/ML) siendo el valor permisible de 1.1 Numero Mas Probable por 100 ml (NMP/100ML). Representa un grado de contaminación alto y por lo tanto un riesgo para la salud.

La presencia de Coliformes Fecales, todas las muestras dieron positivas y se observa que hay una leve variación en los 5 puntos de muestreo. Se puede observar que están en menor presencia que los coliformes totales. Pero sobrepasan el limite permitido ya que es 1.1 Numero Mas Probable por 100 ml (NMP/100 ML). Representa un riesgo para la salud.

En todas las diluciones hechas de los 5 puntos de muestreo se observa que hay presencia de Escherichia Coli lo que indica que es positivo, mientras que la Norma Salvadoreña obligatoria Para la Calidad del Agua Potable exige que debe ser negativa.

4.3 ANALISIS DE RESULTADO DESPUES DE APLICAR EL METODO DE PURIFICACION DE AGUA.

Después de haber aplicado el método de purificación al agua del pozo que presentó mayor contaminación. Se dejó por varios días para comprobar cuantos días dura la efectividad del método, observando en los cuadros de resultados lo siguiente:

Día 1. Se observa una leve disminución de las bacterias coliformes, totales y fecales. Y eliminación total de la bacteria *Escherichia coli* en el primer día de aplicada la solución de semilla de Teberinto.

Día 2. A partir del segundo día de aplicada la solución de semilla de Teberinto pierde su efectividad en cuanto a la eliminación de coliformes totales y fecales ya que todas las diluciones hechas de la muestra dieron positiva, mostrando en los tubos de ensayo una coloración azul y observando fluorescencia en presencia de luz ultravioleta que indica presencia de coliformes totales y fecales respectivamente. Pero al agregarle dos gotas de reactivo indoll a cada tubo de ensayo de las diluciones correspondientes no hubo formación de anillo de color violeta, lo que indica que no hay presencia de la bacteria *Escherichia Coli*.

Día 3. En todos los tubos de ensayo se observó la formación de una coloración verde y presentaron fluorescencia, lo que indica presencia de coliformes totales y fecales, y negativo a la prueba de Indoll, lo que indica ausencia de la bacteria *Escherichia Coli*.

Día 4. Resultados iguales al día 3. Lo cual nos indica que sigue siendo efectivo solamente en la eliminación de Escherichia Coli.

Día 5. A partir del quinto día de agregada la solución de semilla de Teberinto, los resultados demuestran que hay presencia de las bacterias analizadas (coliformes totales, fecales y e. coli) lo cual indica que el método ya no es efectivo y por lo tanto a perdido su capacidad purificadora.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- El agua de los pozos del Barrio El Calvario, no cumple con el control de calidad para ser consumida, los niveles de contaminación bacteriológica son muy altos comparados a los niveles permitidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria Para la Calidad del Agua Potable y por lo tanto se aplicó un método de purificación de agua.
- La semilla de Teberinto y su respectiva harina ha sido utilizada como agente purificador de agua, por lo cual en el presente trabajo se investigó la actividad antimicrobiana o sea, la eliminación de bacterias coliformes totales y fecales y eliminación de la bacteria escherichia coli que es la bacteria mas perjudicial para la salud humana.
- La solución de semilla de Teberinto tiene la capacidad de eliminar la bacteria Escherichia Coli, no así las bacterias coliformes totales y fecales por lo tanto puede ser utilizado únicamente para eliminar la Escherichia Coli.
- La muestra de agua tratada con solución de semilla de Teberinto al cabo de dos días sigue eliminando la Escherichia Coli pero presenta un mal olor lo cual cambia las características propias del agua, ya que debe ser inodora.

- La semilla de Teberinto recolectada en nuestro estudio puede presentar una composición química diferente a la presentada en los informes respectivos que le confieren propiedades antimicrobianas (eliminación de bacteria coliformes totales, fecales y escherichia coli) y la investigada en este trabajo no las presentó. Lo anterior puede deberse a las diferencias geológicas o la época en que fue recolectada la semilla, ya que la acción purificadora de la semilla es mas baja en época seca, y en nuestro estudio se recolectó en dicha época.

- Se aumentó la concentración de harina de semilla de Teberinto y al siguiente día el agua tratada presentaba mal olor, pero siempre obteniendo los mismos resultados.

- Solamente se trabajó con el agua de pozo de mayor contaminación, ya que si purifica esta agua también podrá hacerlo con aquella agua que esté menos contaminada.

5.2 RECOMENDACIONES.

- El agua que utiliza esta comunidad proviene de los pozos sin ningún tratamiento y por lo tanto debe ser sometida a análisis y tratamientos por las autoridades de salud o la ADESCO de dicha comunidad.
- Profundizar el estudio de la harina de semilla de Teberinto con el objeto de poder utilizarla como purificador reduciendo costos y sus posibles aplicaciones a nivel industrial.
- Desarrollar una investigación química, no solamente de la semilla de Teberinto, sino también de las hojas, tallo, raíces y dar a conocer los beneficios que genera la utilización de dicha planta.
- A través de la ADESCOS de las comunidades u organismos competentes, promover el uso de la semilla de Teberinto para la purificación del agua.
- Incluir en la reforestación la practica de la siembra del árbol de Teberinto.
- Continuar la investigación en el municipio para saber la contaminación que existe en todo el municipio.
- Hacer pasar el agua tratada con solución de semilla de Teberinto por un filtro de arena para eliminar partículas y bacterias muertas.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Ibarra Turcios, Ángel. Campos, Milton Ulises. Gota a Gota el agua se agota. 1ª edición. San Salvador.
- 2- Rosales, Salgado, Urania Merery. Segovia, Fanny, Lorena. Diagnostico de la calidad del agua de pozo para consumo humano en el Caserío Las Casitas, Cantón Cerro Bonito, San Miguel. Durante el periodo comprendido entre mayo y septiembre de 2008.
- 3- http://archive.laprensa.com.sv/19990625/revista_dominical/rdo5.asp
- 4- <http://www.ricaldone.edu.sv/expo/tc/9a/Purificacion%20de%20agua%20en%20base%20a%20semilla%20de%20teberinto/>
- 5- <http://www.slideshare.net/ginosmit/echo-esp-arbol-de-marango-presentation>
- 6- http://html.rincondelvago.com/contaminacion-del-agua_7.html
- 7- <http://www.monografias.com/trabajos36/el-agua/el-agua2.shtml>
- 8- Memoria de Labores Guatajiagua, Morazán Mayo 2009 – Mayo 2010
Alcaldía municipal de Guatajiagua
- 9- <http://www.comunidades.gob.sv/website/comunidades/dlocal/32MUNIMASPOBRES/guatajiagua.pdf>

- 10- Campos Martínez, Mercedes del Carmen, "Utilización de la Harina de Semilla de Teberinto (Moringa Oleífera) como clarificador de Agua", Trabajo de Graduación para optar al título de Licenciatura en Química. Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Octubre 1994.

- 11- Martínez Lazo, Carlos Alfredo, Navarro Villegas, Pedro Ulises, "Determinación de la Calidad Fisicoquímica de las aguas residuales municipales de la Ciudad de San Miguel al Rio Grande", Trabajo de Graduación para optar al título de Licenciatura en Química. Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Julio 2001

- 12- Ríos Benítez, Cristóbal Hernán, "Estudio de la Calidad del agua en el Rio Grande de San Miguel", Trabajo de Graduación para optar al título de Licenciatura en Química. Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental. Julio 2001

- 13- Guerrero, Manuel de Jesús. El Agua. Segunda Edición. 1998. Impresora Progreso S.A. de C.V. México. D.F.

- 14- Reyes Contreras, William Vladimir, "Diagnostico de la calidad del agua de la Laguna de Olomega", Trabajo de Graduación para optar al título de Licenciatura en Química. Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental. Noviembre 2007

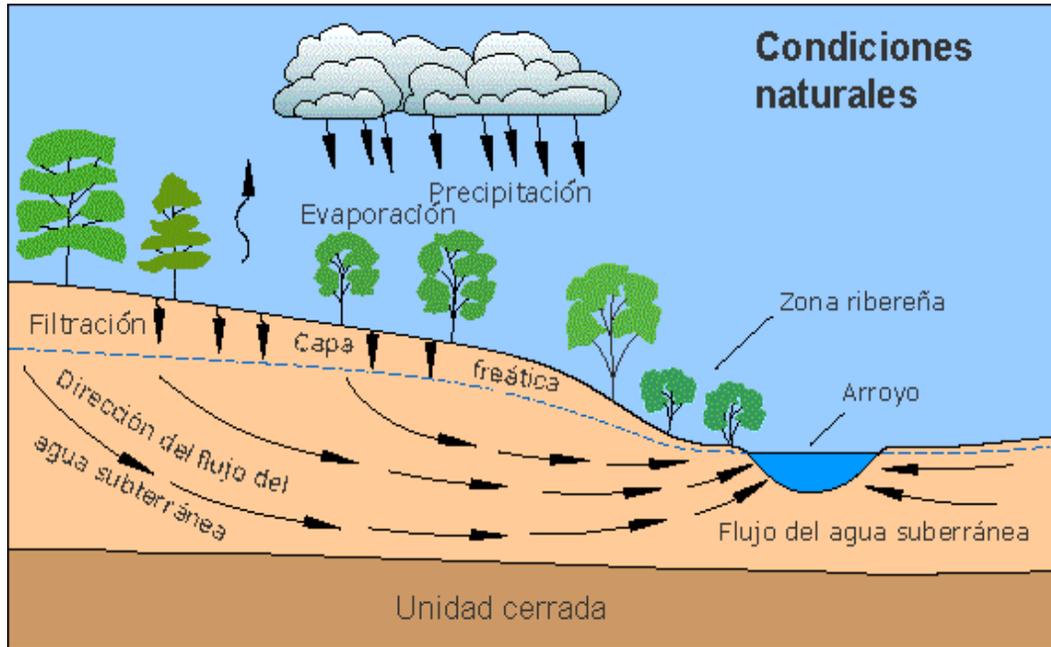
- 15- Dikson, T.R: Química enfoque ecológico, primera edición, editorial Limusa. Impreso en México D.F, 1996. Pág. 81, 83)
- 16- Perz T. de Arenaza, seminario de evaluación de impacto ambiental, volumen IV. Contaminación del agua, primera edición, editorial FUSAL S.G.S. impreso en España, 1999
- 17- http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/contaminacion_termica.htm
- 18- Organización Mundial de la Salud, "Guía para la calidad del agua de bebida". Volumen III.
- 19- http://www.coopeducativamoreno.com.ar/marco_teorico.html
- 20- http://es.wikipedia.org/wiki/agua_subterr%C3%A1nea
- 21- <http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH20.pdf>
- 22- Balance hídrico dinámico e integrado de El Salvador, documento Técnico de PH-LACFIA. Impreso en los talleres de Graphinet Montevideo, Uruguay, 2006. Pág. 11-19
- 23- Choussy, Félix. "Flora Salvadoreña" Tomo I. Editorial Universitaria, Ciudad Universitaria, El Salvador, 1975

- 24- Hernández Cienfuegos, Cándida Rosa, Majano Ordoñez, Iliana Lisbeth, "Evaluación de las características antimicrobianas de la semilla de Teberinto (Moringa Oleífera) para el tratamiento de aguas de Ríos", Trabajo de Graduación para optar al título de Licenciatura en Química y Farmacia. Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. Octubre 1997
- 25- http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2219.pdf
- 26- <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-desinfectantes.htm>

ANEXOS

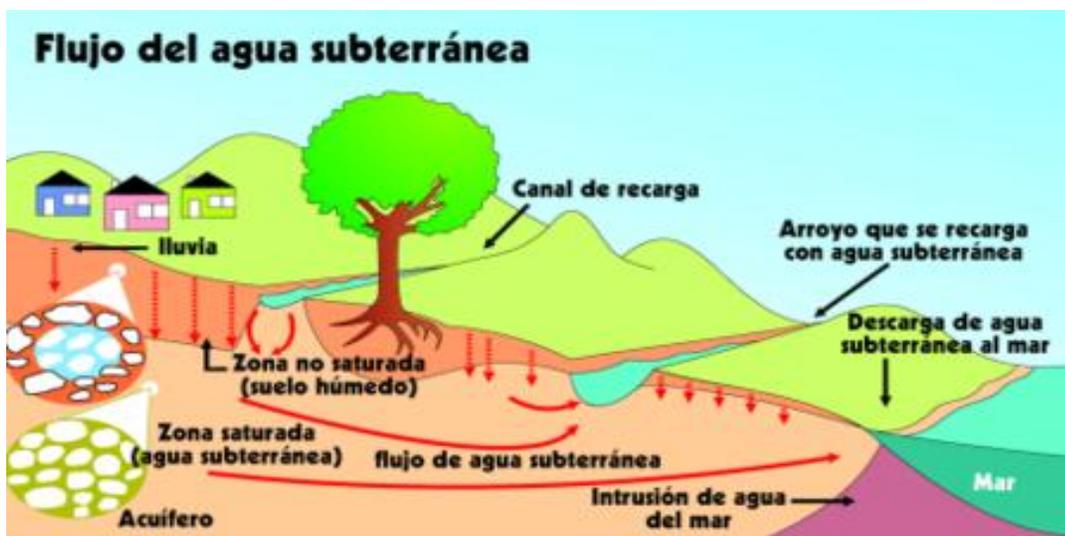
ANEXO 1

Flujo de agua lluvia



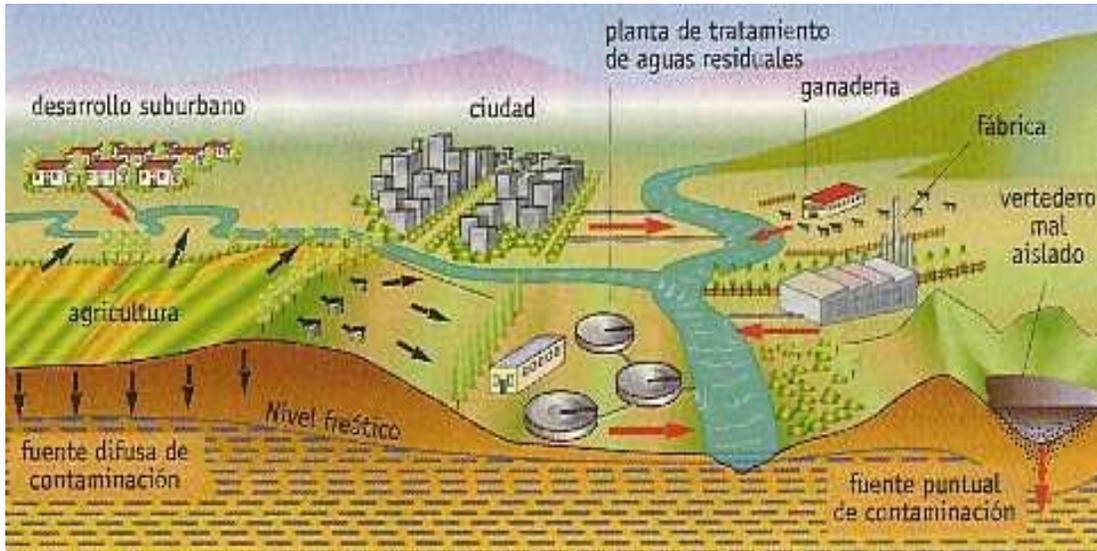
ANEXO 2

Flujo del agua subterránea



ANEXO 3

Contaminación del agua subterránea



ANEXO 4

Vainas (Capsulas) de Teberinto



ANEXO 5

Hojas de Teberinto



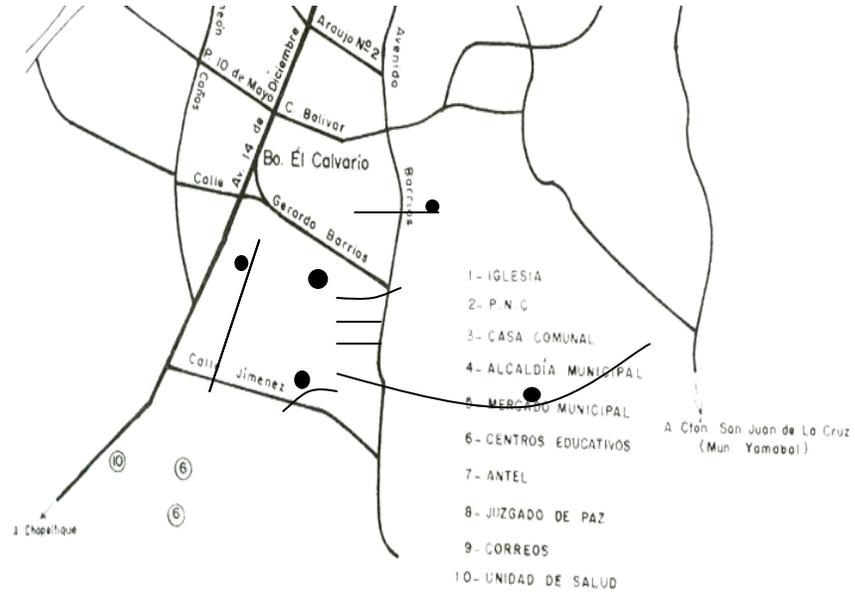
ANEXO 6

Semilla de Teberinto



ANEXO 9

Mapa del Barrio El Calvario



ANEXO 10

Semilla sin testa



ANEXO 11

Autoclave



ANEXO 12

Incubadora



ANEXO 13

Cámara de Gases



ANEXO 14

Tubos con presencia de Coliformes Totales



ANEXO 15

Tubos con presencia de Coliformes Fecales



ANEXO 16

Tubos con presencia de Escherichia Coli

