

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL**



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Estudio Preliminar de la Calidad de Agua de Captación Superficial para
Consumo Humano en El Caserío El Tamarindo, Cantón Las Delicias, Municipio
de San Miguel, Año 2012**

DOCENTE DIRECTOR

Msc Irma Lucía Vides

PRESENTADO POR

Melgar Flores, Marita Yessenia

Moya Turcios, Guillermo

Polio Martínez, María del Carmen

**PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRA/O, EN GESTION AMBIENTAL
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL**



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Estudio Preliminar de la Calidad de Agua de Captación Superficial para
Consumo Humano en El Tamarindo, Cantón Las Delicias, Municipio de San
Miguel, 2012**

DOCENTE DIRECTOR

Msc Irma Lucía Vides

PRESENTADO POR

Melgar Flores, Marita Yessenia

Moya Turcios, Guillermo

Polio Martínez, María del Carmen

PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRA/O, EN GESTION AMBIENTAL

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

VICERRECTORA ACADEMICA

Lic. Ana María Glower de Alvarado

SECRETARIA GENERAL

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANO

Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez

VICEDECANO

Lic. Carlos Alexander Díaz

SECRETARIO

Lic. Jorge Alberto Ortez

DIRECTOR DE ESCUELA DE POSGRADO

Lic. M.Sc. David Amílcar González Rivas

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR

DOCENTE DIRECTORA

Lic. Msc Irma Lucía Vides

COORDINADORA DE PROCESO DE GRADUACION

Lic. Msc María del Carmen Castillo de Heski

INDICE	v
RESUMEN	viii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
CAPITULO II FUNDAMENTACION TEORICA.....	5
. 2.1 El Agua, un Recurso Vital.....	5
2.2 Distribución del Agua en la Hidrosfera.....	5
2.3 Composición Química de las Aguas Naturales	5
2.4 Circulación Global del Agua.....	6
2.5 Tipos de Agua	8
2.5.1 Agua Atmosférica	8
2.5.2 Agua Superficial.....	8
2.5.3 Agua Subterránea.	8
2.6 Calidad del Agua.....	10
2.6.1 Parámetros de Calidad del Agua.....	10
2.6.1.1 Físicos.....	10
2.6.1.2 Químicos.....	11
2.6.1.3 Biológicos.	11
2.7 Contaminación del Agua	11
2.7.1 Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos.....	12
2.8 Relación Agua y Salud	13
2.9 Sustancias Tóxicas que afectan la calidad del Agua.....	13
2.9.1 Mercurio	14
2.9.2 Cadmio.....	16

2.9.3 Plomo	16
2.9.4 Arsénico	17
2.10 Situación actual del Agua en El Salvador	17
2.10.1 Contaminación del Agua en la Zona Oriental	18
2.11 Características geomorfológicas de la zona en Estudio.	19
2.11.1 Suelos	20
2.11.2 pH del Suelo	20
2.11.3 Formación Sub-superficial	20
CAPITULO III JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPOTESIS	21
3.1 Justificación de la Investigación	21
3.2 OBJETIVOS	21
3.2.1 Objetivo General.....	21
3.2.2 Objetivos Específicos.....	22
3.3 HIPÓTESIS.....	22
CAPITULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
4.1 Tipo de la Investigación.....	23
4.2 Unidades de Análisis	23
4.3 Tipo de Muestreo.....	23
4.4 Tamaño de Muestra	24
4.5 Temporalidad del muestreo	25
4.6 Tratamiento de las Muestras	25
4.7 Variables	25
4.8 Definición de variables	25
4.9 Indicadores y su Medición.....	28
4.10 Instrumentos de Medición Utilizados	29

4.11Técnicas y Procedimientos.....	29
CAPITULO V ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	39
5.1 Resultados de Análisis Bacteriológico	39
5.2 Resultados de Análisis Físico-Químico	40
5.3 Análisis y Discusión de Resultados.	41
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
6.1 Conclusiones	42
6.2 Recomendaciones	42
VII FUENTES DE INFORMACION CONSULTADAS.....	44
ANEXOS.....	46

RESUMEN

La Investigación se realizó en el Caserío El Tamarindo, Cantón Las Delicias, Municipio de San Miguel, El Salvador.

El objetivo de la Investigación fue estudiar la Calidad de Agua de Pozos de Captación Superficial para Consumo Humano, debido a que la comunidad se abastece de agua, provenientes de pozos artesanales de poca profundidad ubicados en laderas y afloramientos sub-superficiales de roca de origen volcánico con suelos de pH moderadamente ácidos y sin ningún tratamiento.

Dada la situación anterior se considera el agua como factor de riesgo en aproximadamente 350 habitantes de la comunidad, se determinó a través de muestreos de tres sectores del caserío conocidos como: Tamarindo Centro, Guacamaya y Ciénaga de manera descriptiva la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, y se analizaron 18 parámetros por muestra, y se comparan con los valores de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable, NSO 13.07.01:08 vigente.

El agua de todos los pozos analizados mostró contaminación por Coliformes Totales y Fecales además las concentraciones de Mercurio y Plomo superan los valores de la Norma.

Se determinaron los parámetros además en un pozo de control lejos de los pozos en estudio, para comparar los datos; sin embargo, la presencia de metales y contaminación microbiológica está fuera de norma.

Los resultados muestran el deterioro de la calidad del agua respecto a los parámetros químicos y microbiológicos que constituyen un factor de riesgo para la salud de la población es por ellos que serán entregados a un líder de la comunidad para gestione la mejora de la calidad del agua.

INTRODUCCION

La calidad de las diferentes fuentes de agua puede ser afectada por procesos naturales o por actividades antropogénicas. Entre los factores de origen natural de los cuales depende la calidad del agua están: la naturaleza del agua lluvia que rellena los acuíferos, los tipos de agua subterráneas, la clase de suelo y la constitución de las diferentes rocas sobre las cuales yace el acuífero. Como factores antropogénicos se puede considerar la infiltración de las aguas que arrastran materiales procedentes de las prácticas agrícolas, tales como pesticidas y fertilizantes químicos aplicados en suelos cercanos a los acuíferos.

En nuestro país, actualmente el agua subterránea constituye una de las principales fuentes de agua para consumo humano y debido a que es un cuerpo receptor de las actividades antropogénicas hacen que este recurso presente un deterioro en su calidad al acceso de las comunidades.

Por otra parte el consumo de agua contaminada afecta la salud de la población que se abastece de las referidas fuentes de agua, convirtiéndose en un riesgo para la salud de los habitantes.

En la zona oriental específicamente el Caserío El Tamarindo Cantón Las Delicias, Municipio de San Miguel, se realizó un estudio preliminar de la calidad de agua de manantiales, con la finalidad de conocer la posible contaminación y exponer la necesidad de atender la problemática de abastecimiento de agua potable del referido lugar.

La investigación se ha desarrollado en cuatro capítulos, el primero aborda la problemática que enfrenta la población de la zona de estudio en una forma específica; asimismo se describen los objetivos de la investigación, en el capítulo segundo se presenta la fundamentación teórica del estudio donde se plantea además algunos conocimientos previos del tema. En el capítulo tercero se expone

la justificación de la investigación, además se plantean las hipótesis de la misma, en el cuarto capítulo se describe la metodología del estudio.

En el capítulo quinto se presentan los resultados comparados con los valores de la Norma Salvadoreña del Agua Potable y su discusión; para concluir y hacer las recomendaciones pertinentes apoyados con una serie de referencias bibliográficas y una compilación de anexos que dan soporte a la investigación.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En El Salvador los recursos hídricos, tanto las aguas superficiales como las subterráneas en su mayoría están contaminadas, tal situación es preocupante pues afecta directamente a la salud de de todos los salvadoreños. Existen estudios realizados en algunos Departamentos del país donde la mayoría de la población se abastece de agua procedente de ríos, nacimientos y pozos. El consumo de esta agua de dudosa calidad es la causa de enfermedades gastrointestinales principalmente en niños.⁽¹⁾

En El Salvador según informe de la OPS, de cada 10,000 muertes, 90 son por insuficiencia renal crónica. La ministra de Salud Doctora María Isabel Rodríguez en una entrevista con La OMS en la ciudad de México en el 2011 manifestó que en El Salvador la enfermedad crónica de insuficiencia renal se está convirtiendo en una epidemia que esta desgastando a la población sobre todo rural agrícola al mismo tiempo señaló que los hospitales se encuentran abarrotados con pacientes que adolecen de dicha enfermedad.

En la zona oriental del país los casos de la enfermedad renal crónica han aumentado en los últimos meses. Las autoridades del Ministerio de Salud han protagonizado avances en la detección y el tratamiento de las personas afectadas pero sus causas siguen siendo un enigma sin resolver.⁽²⁾

En el municipio de San Miguel se encuentra el caserío El Tamarindo, una comunidad formada por tres sectores conocidos como: El Centro, La Ciénaga y La Guacamaya, con una población alrededor de 350 habitantes, distribuidos en aproximadamente 120 viviendas dedicadas en su mayoría a la agricultura y ganadería como principal actividad.

La topografía del lugar es accidentada, el suelo pedregoso, con poca cobertura vegetal, con un pH promedio de 5.75; en consecuencia se tiene suelos ácidos. El microclima prevaleciente es muy caluroso. Es de suponer que las

actividades de campo demandan mucha hidratación en las personas que se dedican al trabajo de campo especialmente en horas de mucha luz solar.

El caserío El Tamarindo es una zona rural donde no existe un suministro nacional de agua ni tan poco una entidad que supervise la calidad de esta, por tanto la población no tiene otra opción que consumir el agua de sus manantiales sin un tratamiento.

Según informe de Asociación Salva mi Riñón (ASALMIR) en la Comunidad El Tamarindo de las 150 familias que residen en el lugar cada una de ellas tiene un familiar que padece de la enfermedad crónica renal, y solo en el año 2011 fallecieron 10 personas a causa de esta enfermedad.

En el mismo año un grupo multidisciplinario de profesionales y estudiantes del Departamento de Medicina, de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente de la Universidad de El Salvador, realizó un estudio sobre algunos parámetros clínicos en los habitantes de la comunidad El Tamarindo, encontrándose hallazgos sobre incidencia de enfermedades de tipo renal, lo que motivó a efectuar estudios sobre calidad de agua.⁽³⁾

Es importante mencionar existen datos publicados en un medio de comunicación escrito donde se menciona el aumento de personas que padecen de enfermedad crónica renal en caserío El Tamarindo. Estudios revelan que la ingesta de agua contaminada por metales tóxicos, es un factor de riesgo para esta enfermedad.

El problema radica en el agua de consumo humano que recibe ningún tratamiento y los habitantes la consumen sin existir un estudio de la calidad del agua que determine que esta no sea un riesgo para la salud.

Con toda esta descripción de la situación de la zona en estudio se formula la siguiente pregunta: ¿Estará afectada la calidad del agua para consumo humano por presencia de sustancias tóxicas en el Caserío El Tamarindo, del Municipio de San Miguel

CAPITULO II FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 El Agua, un Recurso Vital

El agua es fuente de vida y recurso vital para satisfacer las necesidades de consumo doméstico e industrial. El agua no solo permite la vida de los humanos, las plantas y los animales, sino que también es fuente indispensable del progreso y bienestar de la humanidad⁽⁵⁾

Sin lugar a dudas, ningún factor ha tenido más influencia en el desarrollo de la vida sobre la tierra que las peculiares propiedades del agua así como su abundancia en nuestro planeta⁽⁴⁾

2.2 Distribución del Agua en la Hidrosfera.

Las aguas naturales de la hidrosfera por lo común son soluciones de diferente complejidad. Esto se debe al estrecho contacto que tiene al agua natural con los compuestos químicos de la litosfera, atmosfera y biosfera⁽⁶⁾. Ver cuadro 1(Tomado de Dickson).

Tabla 1 Distribución del agua en la Hidrosfera

	Porcentaje de 1,500 millones de km ²
Mares	97.2
Casquetes polares y Glaciares	2.15
Agua Subsuperficial(Humedad del suelo y aguas freáticas)	0.63
Agua Subsuperficial(Lagos, ríos y corrientes de agua dulce, lagos y mares salados encerrados)	0.019
Agua Atmosférica	0.001

2.3 Composición Química de las Aguas Naturales

El agua, tal como se encuentra en la hidrosfera, contiene una gran variedad de sustancias, tanto disueltas como en suspensión. La composición del agua natural

depende de muchas variables como por ejemplo del tipo de agua (subterránea; de escorrentía, marina, atmosférica y otras.) de su localización geográfica, de la estación del año que se considere, de la influencia antropogénicas y otros. ⁽⁵⁾

El agua atmosférica, que es la misma mineralizada, disuelve gases atmosféricos y absorbe partículas en suspensión; mientras precipita a la superficie terrestre. En la superficie continental, el agua actúa de agente erosivo y disolvente de tal manera que va enriqueciéndose de sustancias en su contacto con las rocas y el suelo. Este contacto, se traduce en la incorporación de pequeñas partículas de arcilla y de material orgánico particulado, así también va mineralizándose al disolver compuestos solubles. El destino final del agua continental es el reservorio marino cuya cantidad de minerales es elevada. ⁽⁷⁾

A continuación se describen las principales especies químicas inorgánicas y orgánicas que se encuentran en las aguas naturales.

Tabla 2. Constituyentes inorgánicos en las aguas naturales.

Especies Mayoritarias	Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-
Especies Secundarias	Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sr^{2+} , K^+ , CO_3^{2-} , NO_3^- , F^- , Si
Especies Trazas	Be, Bi, Cs, Au, Pt
Constituyentes Orgánicos	
Polifenoles, Taninos, Ligninas, sustancias húmicas.	

2.4 Circulación Global del Agua

El agua se mueve a través de la biosfera en un ciclo global.

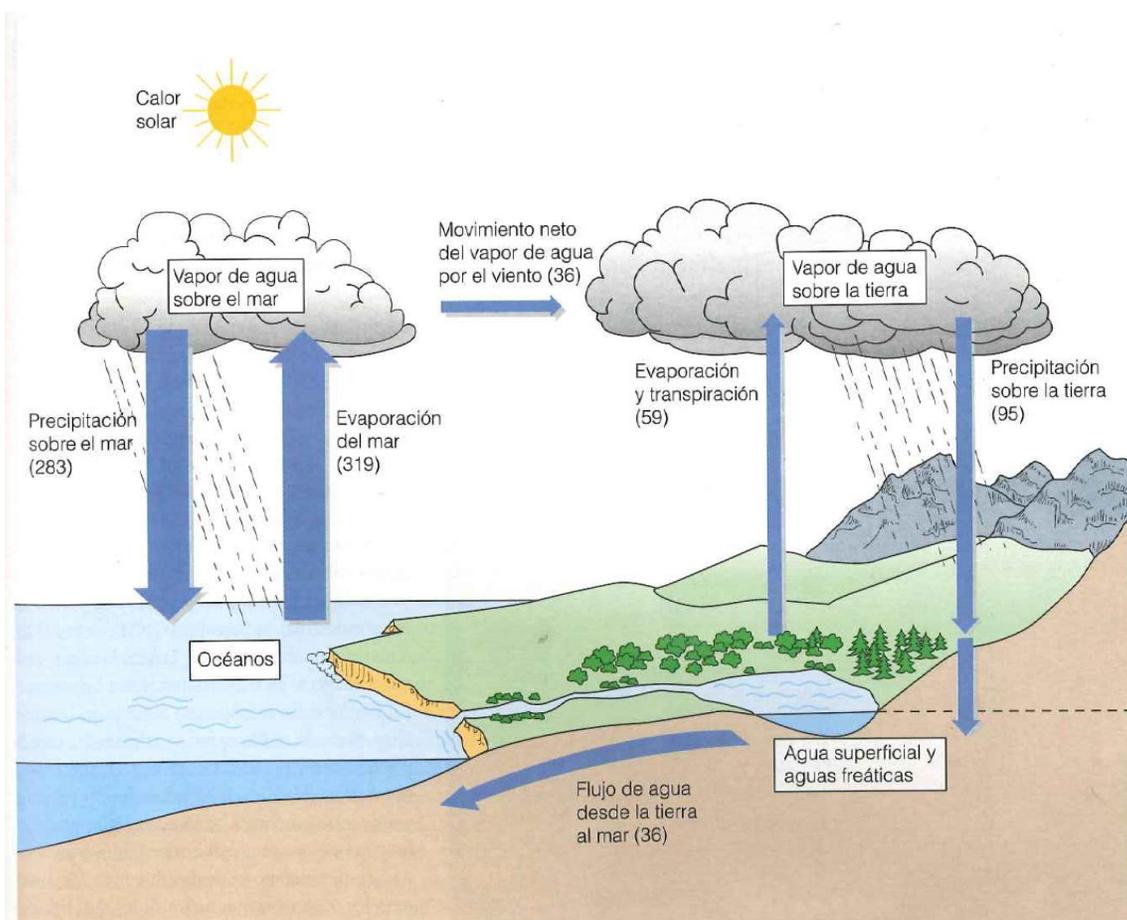


Fig. 1. Esquema del Ciclo Hidrológico. ⁽⁸⁾

La figura 1. Ilustra el ciclo global del agua, el cual es producido por el calor proveniente sol, tres procesos principales producidos por el calor solar son: la precipitación, evaporación y la transpiración de las plantas, mueven de forma continua entre el suelo, los océanos y la atmosfera. Los anchos de las flechas indican las cantidades reales de agua en trillones (10^{18}) de gramos por año. En los océanos la evaporación excede en precipitación en 36×10^{18} gramos por año. El resultado es un movimiento neto de cantidad de vapor de agua en las nubes que transportadas por los vientos desde los océanos a través de la tierra.

En la parte ancha de la figura, la precipitación forma sistemas de agua superficial como los lagos y ríos y mantos acuíferos, todo fluye de regreso al mar

completando el ciclo del agua. Este tiene un carácter global debido a que es un gran depósito de agua en la atmósfera ⁽⁸⁾.

2.5 Tipos de Agua

Según el origen natural, el agua puede clasificarse en: Atmosférica, Superficial y Subterránea.

2.5.1 Agua Atmosférica

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

2.5.2 Agua Superficial

También conocida por agua dulce, está concentrada en ríos, lagos y lagunas en una proporción que no llega al 0.5% del agua total presente en la atmosfera ⁽⁸⁾.

Estas aguas se originan a partir del agua de precipitación atmosférica, de efloraciones de agua subterráneas o bien de la fusión de masas de hielo. En el caso de los estuarios, el origen se debe al encuentro entre las aguas fluviales y marinas ⁽⁷⁾.

El agua de consumo proviene de los cursos o depósitos superficiales y de las aguas subterráneas. ⁽⁸⁾

2.5.3 Agua Subterránea.

El agua subterránea se localiza en la zona saturada del subsuelo, es decir en la región 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. Ver figura 2. Gracias a ello, el agua subterránea, es de gran calidad para el consumo. ⁽⁹⁾



Fig. 2. Esquema general del Agua Subterránea, Water USGS.

La elevada mineralización del agua subterránea se debe a diversos procesos. Durante la infiltración del agua superficial, se van incorporando Sales solubles presentes en el suelo como Cloruros, Nitratos y Sulfatos de metales alcalinos y alcalinotérreos.⁽⁷⁾

Como desventaja se debe anotar que las aguas subterráneas pueden estar contaminadas con materiales tóxicos o peligrosos que provienen de los rellenos sanitarios, los sitios de tratamientos de residuos u otras fuentes (algunas naturales) de las cuales posiblemente no tengan conocimiento ni el público en general ni las entidades reguladoras.⁽¹⁰⁾

Los depósitos importantes de aguas subterráneas en El Salvador, están constituidos por formaciones aluviales recientes, compuestas por materiales no consolidados que han sido arrastrados por los ríos y que se han depositado en las costas así como en las márgenes de ríos importantes en los valles interiores del país.

Depósitos adicionales importantes de agua subterránea, están constituidos en los materiales de ceniza volcánica, provenientes de las explosiones de los volcanes, tales como pómez, cenizas y tobas, algunas veces intercalados con lavas

altamente permeables. Estas formaciones se localizan en los valles interiores de la Fosa Central y en los valles de San Salvador, Ahuachapán, Santa Ana, San Vicente y San Miguel. ⁽¹¹⁾

2.6 Calidad del Agua.

"Calidad significa" cuan bueno o malo es algo. El agua debe ser de buena calidad y debe tener muy pocos contaminantes antes de se pueda consumir sin riesgo a la salud humana.

El término "Calidad del Agua" es complejo, pues encierra una serie de factores interrelacionados. Además el concepto de calidad del agua ha evolucionado, debido al aumento en los usos de este recurso y a la facilidad de medir e interpretar las características del agua.

Calidad del Agua es el grupo de concentraciones, especificaciones, sustancias orgánicas e inorgánicas y la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua. La calidad del cuerpo de agua muestra variaciones especiales y temporales debido a factores internos y externos del cuerpo del agua" ⁽¹²⁾

La calidad del agua es tan importante como su cantidad .Aunque una vez utilizada la mayoría de la agua retorna a sus causas originales, inevitablemente, su calidad se degrada. ⁽¹³⁾

2.6.1 Parámetros de Calidad del Agua.

La calidad del agua se determina en función de una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos que la caracterizan en su estado natural y que no resultan fáciles de comparar cuando necesitamos determinar la calidad de cierto cuerpo hídrico.

2.6.1.1 Físicos

Los más importantes para determinar la calidad del agua son: pH, Turbidez, Color, Olor, Temperatura y Sólidos disueltos.

2.6.1.2 Químicos

Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad de solvencia del agua. Para la determinación de los parámetros químicos, se necesita de un laboratorio que realice pruebas específicas. Entre estos se pueden mencionar alcalinidad, dureza, metales, sustancias orgánicas y nutrientes.

2.6.1.3 Biológicos.

Todos los seres vivos del agua son, en alguna medida, indicadores de calidad del medio, ya sea por su presencia o ausencia. Se han desarrollado índices biológicos en los cuales la presencia de cierto número de biota o de ciertas especies, así como la ausencia o disminución en número de otras, determinan la calidad del cuerpo de agua analizado. Tradicionalmente se han utilizado los llamados indicadores patógenos. Los patógenos son organismos que causan infecciones o transmiten enfermedades.

Muchos de los patógenos presentes en los cuerpos de agua provienen de la contaminación fecal. Por lo tanto, un indicador adecuado es aquel presente o nativo del intestino del ser humano. De ahí surgieron los indicadores del grupo de los coliformes fecales, especialmente el *Echerichia coli*. Dicho organismo se encuentra en el tracto intestinal de los organismos de sangre caliente y son excretados en grandes cantidades.⁽¹²⁾

2.7 Contaminación del Agua

Es la introducción por el ser humano y sus actividades, directas o indirectamente, de sustancias o energía que da por resultados efectos negativos como: daños a los recursos vivos, daños a la salud humana, impedimento de la realización de actividades acuáticas, impedimentos del uso del agua para las actividades agrícolas, industriales, domesticas y otras.⁽⁹⁾

El agua es una de la sustancia necesaria para el sostenimiento de la vida, y desde hace mucho tiempo se sabe que la contaminación de esta es la fuente de muchas enfermedades.

Durante muchos años la consideración más importante fue la creación de suministro de agua adecuados, higiénica y segura. Sin embargo, las fuentes de agua (superficiales y subterráneas se han venido contaminando cada vez mas debido al aumento de la actividad industrial y agrícola. A medida que el tiempo pasa el público se ha venido haciendo más exigente en sus demandas y hoy en día se espera que los ingenieros de aguas produzcan aguas bien acabadas, libres de Turbiedad, Color, Olor, Sabor, Nitratos, iones metálicos peligrosos y de una amplia variedad de químicos orgánicos tales como: Pesticidas y Solventes Clorados. Los problemas de salud asociados con estos químicos incluyen el cáncer, los defectos congénitos, las enfermedades del sistema nervioso central y del corazón.⁽¹⁴⁾

2.7.1 Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos

Las aguas superficiales y subterráneas pueden contaminarse por migración de compuestos químicos desde vertederos mal gestionados, residuos industriales, vertidos accidentales y fugas en tanques de almacenamiento, especialmente en los enterrados bajo el suelo. La regulación de las fugas de petróleo y gasolina en tanques de almacenamiento se ha convertido en una prioridad para los gobiernos del mundo.⁽⁷⁾

Las aguas de pozo y manantiales pueden contaminarse con trazas de derivados de petróleo disolventes clorados, o PCB (bifenilos policlorados, usados en transformadores y bombas). Estos compuestos orgánicos solubles pueden escapar de los tanques y migrar a través del suelo donde se acumulan y penetran lentamente en las aguas subterráneas.⁽⁹⁾

Las zonas de acumulación de residuos y los vertidos pueden ocasionar la aparición de metales en las aguas por procesos de lixiviación. La movilidad de los metales está influenciada por el pH. Cuando los metales penetran en cauces y lagos, aquellos solubles en grasas, como el Cadmio y el Mercurio, se bioacumulan en la cadena alimenticia acuática. Algunas veces las aguas de pozo están contaminadas porque los acuíferos de los que proceden contienen de forma natural elevadas concentraciones de metales tóxicos.⁽⁷⁾

En las zonas agrícolas la contaminación se origina por el empleo de fertilizantes herbicidas y pesticidas. Aunque la tendencia actual es el empleo de pesticidas y herbicidas que se degradan fácilmente y no persistan en el medio, algunos de ellos se acumulan en las aguas subterráneas. ⁽⁹⁾

2.8 Relación Agua y Salud

En los niveles mundiales, la contaminación del agua es probablemente una de las responsabilidades de la mayoría de las enfermedades en el ser humano que cualquiera otra causa de origen ambiental.

Las infecciones de origen hídrico son la mayor razón de muertes de niños de los países menos desarrollados y causan la muerte de millones de gente joven cada año. Un gran porcentaje de las enfermedades de origen hídrico se localizan en el intestino y el agua es el agente transmisor de ellos. ⁽¹²⁾

2.9 Sustancias Tóxicas que afectan la calidad del Agua

El hombre está expuesto cuando; come sus alimentos, bebe agua y respira el aire a los efectos de los contaminantes inorgánicos específicamente metales algunos de esos elementos son benéficos y sencillos para sus procesos vitales; otros son muy tóxicos. Por fortuna, la mayor parte de los elementos tóxicos que se encuentran en el alimento, el agua y el aire están presentes en cantidades muy pequeñas.

No obstante, existen cantidades de trazas de muchos elementos distintos que a diario penetran en el organismo humano. Puesto que estas cantidades en traza son el resultado de la distribución natural de los elementos, son algo inevitable y se conocen como niveles de fondo. En algunas ocasiones las actividades del hombre y a veces, un accidente geológico logran introducir cantidades indeseables de ciertos elementos tóxicos en el medio ambiente.

Los más notables de estos metales son: Mercurio, Plomo y Cadmio. No obstante existen otros elementos problemáticos como: Arsénico, Berilio, Antimonio, Vanadio, Níquel y Cromo. ⁽⁶⁾

A continuación se detallan los más peligros para la salud humana

2.9.1 Mercurio

El Mercurio no es un elemento esencial para la vida; sin embargo, ha estado presente siempre en la naturaleza en concentraciones a las que los seres vivos están adaptados. Sus fuentes naturales son el vulcanismo, la desgasificación de la corteza terrestre, la erosión y la disolución de los minerales de las rocas debido a la penetración del agua a través de estas por tiempo muy prolongado.

Las principales fuentes antropogénicas del mercurio son la minería, el uso industrial y agrícola. La primera contribuye con el 50% y el resto proviene de las actividades industriales. ⁽¹⁴⁾

El Mercurio al igual que otros metales tóxicos presenta un ciclo global que depende de la circulación atmosférica de los vapores de Mercurio metálico. Estos vapores circulan a partir de los continentes (desgasificación de la corteza terrestre.) hasta llegar a los océanos. Durante el ciclo, los vapores suben por evaporación y caen por precipitación con la lluvia. La cantidad de mercurio que se encuentra en los océanos es muy grande (en su mayor parte mercurio de origen natural).

El mayor aporte de mercurio al medio ambiente proviene del desgaste naturales de la corteza terrestre en suelos y océanos y de las actividades volcánicas. A ello se añade el Mercurio liberado a partir de actividades antropogénicas. No hay una estimación totalmente fiable a nivel mundial de las cantidades en uno u otro caso. ⁽¹⁵⁾

Algunas formas orgánicas de mercurio se utilizan como plaguicidas.

Las formas orgánicas de Mercurio en especial el Metilmercurio, despierta en la actualidad un gran interés toxicológico por cuanto se encuentra difundidas por amplias zonas del planeta y debido a los proceso de biomagnificación se hallan en concentraciones relativamente importantes en peces y animales marinos que forman parte habitual de la dieta humana.

No hay otro metal que ilustre mejor que el mercurio la diversidad de efectos causados por las diferentes especies químicas de un mismo elemento.

Los efectos tóxicos del mercurio son dependientes de la especiación química del metal: Mercurio Elemental, Cloruro de Mercurio y Metilmercurio.

En tres casos se dispone de cuadros clínicos bien diferenciados y documentados: La intoxicación por vapores de **Mercurio elemental** (típica intoxicación laboral, aguda y crónica) donde predominan las lesiones gastrointestinales y renales; la intoxicación (habitualmente crónica) donde predominan los efectos sobre el sistema nervioso central; la intoxicación (habitualmente crónica y por vía alimentaria).

De especial importancia son los efectos necróticos del **Cloruro de Mercurio** sobre las células del epitelio de la parte recta de los túbulos renales que pueden conducir a un fracaso renal agudo. **El metil mercurio** por otra parte tiene efectos directos sobre córtex cerebral produciendo migraciones celulares anormales y desorganización neural.

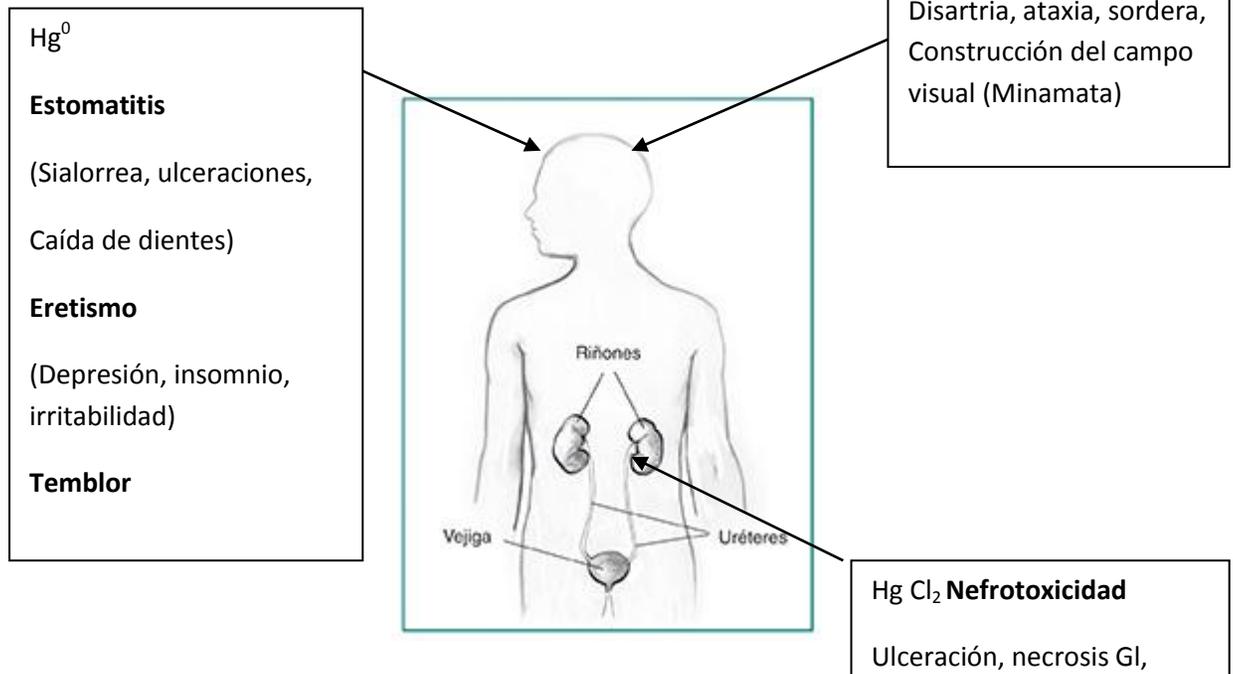


Figura 3 Efectos tóxicos del Mercurio. ⁽¹⁶⁾

2.9.2 Cadmio

Este elemento proviene principalmente del desgaste y la erosión de las rocas, los procesos naturales por los cuales se libera Cadmio son insignificantes como fuentes de contaminación en comparación con el que procede de las actividades del hombre.

La mayor parte del Cadmio que se emite a la atmosfera se deposita en la tierra y en las aguas de la región cercana a la fuente de emisión. A partir de esta, el Cadmio es ingerido por los organismos y transportado a todos los eslabones de las cadenas alimenticias. Esta vía de asimilación es la principal ruta del Cadmio para los animales y el hombre. En las aguas superficiales, el Cadmio se presenta como ion libre y en su solubilidad influye la dureza y el pH.⁽¹⁵⁾

El Cadmio es uno de los metales mas tóxicos, cuando las personas lo respira puede dañar severamente los pulmones lo que puede incluso causar la muerte. Otro efectos sobre la salud causados por el Cadmio son: diarrea, dolor de estomago, y vómitos severos, fracturas de huesos, fallos en la reproducción y posibilidad de infertilidad, daño en el sistema nervioso central, sistema inmunológico, desordenes psicológicos y posibles daños en el ADN provocando desarrollo de cáncer.⁽¹⁷⁾

2.9.3 Plomo

El Plomo es altamente toxico y también se considera como un probable carcinógeno. La intoxicación por Plomo ha sido reconocida durante muchos años.

Esta ocurre en muchos niños, cuando se alcanzan niveles en la concentración sanguínea que se sabe que produce efectos adversos en la salud. Se ha reconocido al plomo como causa de lesión cerebral y renal.⁽¹⁵⁾ El Plomo se absorbe por ingestión o por inhalación. La relación entre la exposición y los niveles de plomo sanguíneo constituyen un proceso dinámico en el cual el Plomo que se encuentra en la sangre representa el producto de exposiciones recientes, excreción y equilibrio con otros tejidos. Los niños que tienen deficiencia de Hierro, Proteínas Calcio y Zinc, absorben con mayor facilidad el Plomo, cuya mayoría se almacena en

los huesos. En niveles altos en sangre (más de 70 µg/dl), el Plomo puede ocasionar encefalopatía y la muerte. Los sobrevivientes de de encefalopatías pueden ser víctimas de secuelas incapacitantes durante el resto de su vida, como convulsiones y retraso mental. La intoxicación por Plomo afecta prácticamente a todos los órganos pero, sobre todo, a los sistemas nervioso central y periférico, los riñones y la sangre. ⁽¹⁶⁾

2.9.4 Arsénico

Este elemento está ampliamente distribuido en las aguas naturales, a niveles de 5 µg/ l o más, en aproximadamente el 5% de las aguas analizadas. La toxicidad de Arsénico es algo irregular.

El Arsénico penetra al medio acuático por las operaciones de minería, el uso de insecticidas con base en Arsénico y por la utilización de combustibles fósiles, donde parte de la precipitación ocurre en áreas acuáticas. ⁽⁷⁾

El empleo mayoritario de compuestos de Arsénico se produce en la agricultura con el uso de plaguicidas derivados del Arsénico. ⁽⁹⁾

La ingestión por vía digestiva de altas concentraciones de Arsénico ha sido también asociada a otros tipos de cáncer como vejiga, riñón, hígado y colon. ⁽¹⁶⁾

2.10 Situación actual del Agua en El Salvador

Es conocida la alarmante degradación de los recursos hídricos superficiales del país, presentando altos niveles de contaminación química y/o biológica en el 90% de dichos recursos. ⁽¹⁷⁾ Existe información reciente a nivel de áreas específicas siendo los ríos más contaminados bacteriológica y químicamente, el Acelhuate, Suquiapa, Sucio, Grande San Miguel y Acahuapa.

De manera general todos los ríos que en su recorrido pasan por asentamientos humanos, industrias y agroindustrias, están contaminados, en pocos casos existe algún tratamiento de aguas residuales. Se reportan 1833 industrias y agroindustrias de las cuales el 21% no presentan vertidos, el 70% no realiza

tratamientos de sus aguas residuales y solo el 9% lo hace (MSPAS). A nivel nacional, se estima que el tratamiento de aguas servidas es menor del 2% y en efluentes es menor del 5%.

Otra forma de contaminación hídrica son los sedimentos transportados y/o depositados durante la estación lluviosa en los diferentes cuerpos de agua como producto de la erosión de los suelos; lo cual contribuye a la eutrofización acelerado de los lagos, lagunas y ríos, así como también obstaculiza el proceso de potabilización con fines de abastecimientos. ⁽¹⁸⁾

Los desechos que contaminan los mantos acuíferos, aguas superficiales y subterráneas provienen de actividades agroindustriales como beneficios de café, botaderos de basura a cielo abierto, plaguicidas en áreas agrícolas y desechos humanos. ⁽¹⁸⁾

De acuerdo a datos recolectados provenientes de investigación en El Salvador. Los recursos hídricos, tanto las aguas superficiales como las subterráneas, en su gran mayoría, están contaminados con diversos elementos. En las aguas superficiales se encontraron Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal y Fosfatos en un 97.87, 71.12, 88.24 y 96.26% de las muestras respectivamente. En las aguas subterráneas se contactó la presencia de los mismos contaminantes en un 95.85, 81.25, 83.33 y 95.85% de las muestras respectivamente. El porcentaje de muestras de aguas subterráneas contaminadas por Nitritos (81.25%) es mayor que el porcentaje de muestras de aguas superficiales (71.12%) y es apenas inferior con respecto a la contaminación con los otros elementos. ⁽¹⁹⁾

2.10.1 Contaminación del Agua en la Zona Oriental

En términos globales, al comparar los datos y estudios recopilados sobre calidad de agua en el país, se puede deducir que las aguas del Departamento de

San Miguel presenta el mayor contenido promedio de Nitratos; el mayor contenido promedio de Fosfatos se encuentran en las aguas del Departamento de Santa Ana; las aguas del Departamento de Ahuachapán tienen el mayor contenido promedio de Nitrógeno Amoniacal y el mayor contenido promedio de Nitritos se encuentra en las aguas del Departamento de La Libertad. ⁽¹⁹⁾

Además se han realizado investigaciones por miembros de La Universidad Doctor Andrés Bello, donde presentan los resultados de cinco especies químicas analizados en cuatro Caseríos del Cantón El Havillal del Municipio de San Miguel.

Los referidos resultados indican la presencia de Mercurio y Arsénico con valores superiores a la Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad de agua potable. ⁽²⁰⁾

2.11 Características geomorfológicas de la zona en Estudio.

El caserío El Tamarindo es parte del valle fluvial de la Cuenca del Río Grande San Miguel, aunque se encuentra aproximadamente a unos 20 km del Volcán de San Miguel y el Complejo Volcánico Tecapa-Chinameca, (Ver Anexo 1), persiste un lomerío con pendientes entre 15 – 25 %, el relieve es alternado entre cerros de poca altura y planicies de extensión relativamente pequeña, terrenos que son utilizados para cosechar granos básicos con producción muy escasa, únicamente para subsistencia doméstica.

El relieve influye en el almacenamiento temporal de agua sub-superficial, ya que parte de la precipitación escurre de forma radial desde los cerros, almacenándose parcialmente en manantiales y otro tipo de formaciones. ⁽²¹⁾ (Ver figura 1)

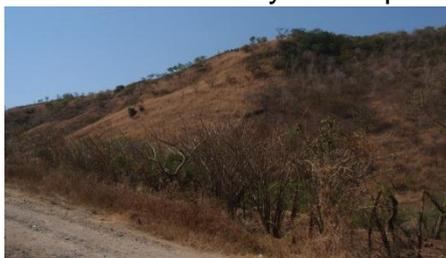


Figura 1. Relieve característico de la zona de estudio.

El principal agente geomórfico de la zona al igual que en todo el país es el agua; que corre en y hacia los ríos, en este caso en el Cantón Las Delicias lo cruza el Río Taishuat. ⁽²²⁾

2.11.1 Suelos

Los tipo de suelo predominante de acuerdo al Mapa Pedológico la zona de estudio es de tipo Grumosoles, (llamados también Vertisoles), son encontrados en menor cantidad al nororiente de la Ciudad de San Miguel estos son suelos arcillosos muy pesados, muy plásticos y muy pegajosos cuando están mojados y muy duros cuando están secos. ⁽²¹⁾

2. 11.2 pH del Suelo

Se midió el pH de muestras de suelos de los tres sectores del caserío El Tamarindo y se obtuvieron los siguientes resultados: 5.98, 6.34 ,5.32, 5.36 según estos datos el promedio es de 5.75 considerándose el suelo acido. (Ver anexo)

2.11.3 Formación Sub-superficial

Al estudiar el ciclo hidrológico a nivel de micro zona, parte de la precipitación escurre por el relieve naturales, llenando pequeñas depresiones rocosas y aunque lentamente el agua percola hasta materiales del todo impermeables., almacenando temporalmente agua “limpia”

Otra parte de la lluvia filtra por las discontinuidades y roca meteorizada, la condición del relieve facilita el flujo por gravedad del agua que llega hasta formaciones rocosas de escasa profundidad (impermeable)

En este movimiento hay lixiviación de minerales propios de las formaciones de los suelos, que se transportan hasta el manantial o “pozo” sub-superficial. ⁽²¹⁾ (ver anexo 4)

CAPITULO III JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPOTESIS

3.1 Justificación de la Investigación

Después de conocer la situación en que se encuentran los pobladores de la Comunidad El Tamarindo en relación a la calidad del agua que consumen y que la ingieren sin ningún tratamiento y sin conocimiento de los parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos que pueden indicar contaminación; por lo tanto se ha tomado a bien realizar un estudio preliminar de la calidad del agua, con el objetivo de caracterizar las concentraciones de elementos nocivos para la salud y compararlas con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable.

El estudio tiene importancia porque con los datos obtenidos se informará a la población sobre el estado actual de la calidad del agua. Esta investigación servirá para la identificación del agua de consumo como factor de riesgo y buscar con investigaciones posteriores la relación causa – efecto entre agua que consumen con el padecimiento de la enfermedad renal crónica, además se convertiría en un insumo importante para elaboración de estrategias de descontaminación por parte de los organismos competentes debido a la afectación a la salud por la ingesta de agua contaminada.

Con esta investigación se beneficiara a una comunidad rural de alrededor de 350 habitantes porque se le estará otorgando información relevante científica del estado actual de la calidad del agua para que como comunidad gestionen a las autoridades competentes que podría ser El Ministerio de Salud, Administración Nacional de Acueductos y alcantarillado (ANDA), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Municipalidad y otros, sobre los contaminantes que constituyen un riesgo a su salud y que puedan mejorar las condiciones del agua que consumen.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo General

Realizar un estudio preliminar de la calidad de aguas de pozos del Caserío El Tamarindo”, Cantón Las Delicias, Municipio de San Miguel.

3.2.2 Objetivos Específicos

1. Medir características físicas y organolépticas tales como: pH, Temperatura, Color, Olor, Turbidez, Sólidos Totales Disueltos en muestras de aguas de pozos.
2. Determinar la concentración de Dureza, Sulfatos, Nitratos, Fluoruros, Hierro, Manganeseo, Mercurio, Plomo, Cadmio y Arsénico en muestras de aguas de pozos.
3. Efectuar análisis bacteriológicos en muestras de aguas de pozos.
4. Comparar los resultados obtenidos con los valores establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable 13.07.01.08 (Ver Anexo 5)

3.3 HIPÓTESIS

Hipótesis de Trabajo 1

H₁: Los valores de pH, Temperatura, Color, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos y la Concentración de Dureza, Sulfatos, Nitratos, Fluoruros, Hierro, Manganeseo, Mercurio, Plomo, Cadmio y Arsénico superan los límites permisibles establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del agua Potable 13.07.01.08

Hipótesis de Trabajo 2

H₂: El Número Más Probable (NMP/100) de bacterias supera los límites máximos permisibles para la calidad microbiológica del agua de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable 13.07.01.08

CAPITULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de la Investigación

El tipo de investigación es Descriptiva ⁽²³⁾, ya que es primera toma de datos sobre calidad de agua para consumo del sector, por lo tanto, el propósito es tener valores de ubicación de variables. ⁽²⁴⁾

4.2 Unidades de Análisis

Las unidades de análisis son los pozos de captación de la fuente de agua sub-superficial proveniente del acuífero que se localiza en el sector.

Se realizó una visita previa con líderes comunales (ADESCO) para la identificación de los pozos a muestrear.

El Caserío El Tamarindo del Cantón Las Delicias, San Miguel, se encuentra ubicado hacia el Nor-Oriente de la Ciudad de San Miguel, a 5 km de la Carretera CA-7 hacia Santa Rosa de Lima. El caserío está dividido en tres sectores: El Centro, La Ciénaga y Guacamaya. (Ver anexo 6).

4.3 Tipo de Muestreo

El plan de muestreo incluye suposiciones sobre la población objeto, el muestreo por criterio tiene más sesgo que el aleatorio; sin embargo, el número necesario de muestras es menor. El muestreo por criterio suele utilizarse cuando se desea limitar el número de variables independientes que influyen en los resultados de un análisis. ⁽²⁴⁾

El muestreo realizado fue No Probabilístico, por Conveniencia ⁽²⁵⁾ (Juicio sesgado), por medio del cual se dividió la población en sectores importantes por sus características de abastecimiento de agua, estableciendo los criterios de inclusión siguientes:

1. Se seleccionaron tres pozos representativos de los tres sectores del Caserío El Tamarindo: Tamarindo Centro, La Ciénaga y La Guacamaya.

2. Se seleccionó un Pozo de Control para comparar datos de fuera del área de influencia de los manantiales.
3. El número de muestras obedeció a la unidad de análisis, tres acuíferos de los sectores, prevalencia de factores de riesgo (estudios antecedentes de Enfermedad Renal Crónica en la zona) y limitantes económicas por el financiamiento propio de los investigadores.
4. Los pozos o manantiales escogidos fueron sugeridos por líderes comunales y basándose en una visita previa de reconocimiento del sitio.

4.4 Tamaño de Muestra

El estudio incluye tres tipos de medición:

El primero trató sobre la medición de las características físicas y organolépticas del agua, tales como: Color, Olor, pH, Sólidos totales disueltos, Turbidez y Temperatura comparando los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable, 2ª Actualización, 2008.

El segundo consistió en determinar concentraciones de las siguientes sustancias químicas: Dureza total (expresados como Carbonatos de Calcio CaCO_3), Fluoruros, Hierro, Manganeso, Sulfatos y Nitratos además sustancias de tipo inorgánicas de alto riesgo para la salud como el Mercurio, Plomo, Arsénico y Cadmio; comparándose los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable, 2ª Actualización, 2008.

El tercer aspecto está relacionado con la calidad microbiológica del agua, donde se determina presencia de Bacterias, Coliformes Totales y Fecales comparándose los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable, 2ª Actualización, 2008.

En cada uno de estos sectores hay grupos de pozos tallados en piedra de unos 40 a 60 cm de profundidad provenientes de una fuente de agua subsuperficial

que abastecen a la mayoría de los habitantes de los sectores, pero también hay familias propietarias de pozos artesianos.

4.5 Temporalidad del muestreo

La investigación es Transversal, ya que la toma de muestras se realizó en la época seca durante el mes de Marzo del 2012.

4.6 Tratamiento de las Muestras

La toma de muestras se realizó cumpliendo los requerimientos normados para dichos análisis, para efectuar el análisis físico químico las muestras se trasladaron al Laboratorio de Bioquímica de la Facultad Multidisciplinaria Oriental y al Laboratorio de Aguas de la Ciudad de San Miguel.

Para el análisis de metales pesados en el Laboratorio de Calidad de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.

4.7 Variables

Las variables identificadas en el presente estudio son las siguientes: pH, Turbidez, Color, Olor, Temperatura, Sólidos Totales Disueltos, Dureza Total, Concentración de Nitratos, Sulfatos, Fluoruros, Alcalinidad, Hierro, Manganeso, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo, Coliformes Fecales y Totales

4.8 Definición de variables

pH: Es el logaritmo negativo de la concentración del ion Hidrogeno. Puede tomar valores numéricos en escala de 0 a 14 y se mide con un pHmetro.

Turbidez: Es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida al ser transmitida en líneas rectas a través de la muestra, debido a la presencia de sólidos suspendidos en el agua. La turbidez puede tomar valores numéricos y su unidad de medida será UNT (Unidad Nefelometría de Turbidez) y se determina utilizando un Turbidímetro.

Color: Color real causado por sustancias disueltas expresado en UC (Unidades de color). Puede tomar valores numéricos en unidades mg/L de Platino-Cobalto por medio de un Colorímetro.

Olor: Característica física del agua resultado de procesos naturales o de fuentes de contaminación química. Puede tomar los valores aceptable y rechazable.

Temperatura: Se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como "energía cinética", que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más "caliente"; es decir, que su temperatura es mayor. Puede tomar valores numéricos en escalas convencionales como Celsius, se mide con un Termómetro.

Dureza: Característica del agua que representa la concentración total de iones de Calcio y Magnesio expresados como carbonato de Calcio. La Dureza total es la concentración de iones Calcio y Magnesio que se determinan mediante Titulación volumétrica. Se mide en mg/L.

Nitratos: Forman parte del ciclo natural de nitrógeno; y son utilizados en la agricultura como fertilizantes. Los Nitratos se determinan por medio de un Espectrofotómetro y su concentración se expresa en mg/L.

Sulfatos: Tienen su origen en fuentes naturales y de la industria química. Se miden mediante método Colorimétrico y su unidad de medida será mg/L.

Fluoruros: Elemento de origen natural y se determinan por método colorimétrico en unidades mg/L.

Hierro: Elemento de origen natural y que puede ser también producto de la corrosión. Se mide en espectrofotómetro y su unidad de análisis será mg/L.

Manganeso: Elemento procedente de fuentes naturales, en general su presencia esta asociada con presencia de Hierro. Se mide en un espectrofotómetro UV vis en mg/L.

Arsénico: El Arsénico penetra al medio acuático por las operaciones de minería, el uso de insecticidas conteniendo Arsénico y por la utilización de combustibles fósiles.

Cadmio: Este elemento proviene principalmente del desgaste y la erosión de las Rocas, sus depósitos están asociados geoquímicamente a los de Zinc, sobre todo en los minerales.

Mercurio: Es un elemento que se puede encontrar tanto en el aire, el agua como en el suelo. Se mide por método Fotométrico, su unidad es mg/L.

Plomo: Es altamente toxico y también se considera como u probable carcinógeno. La intoxicación por Plomo afecta prácticamente a todos los órganos pero, sobre todo, a los sistemas nervioso central y periférico, los riñones y la sangre

Coliformes fecales: Son bacterias coliformes que se multiplican a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$. En su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente. La unidad de análisis es NMP/100mL (Numero Mas Probable). Puede tomar los valores < 1.1, 1.1, 2.6, 4.6 o >8.0.

Coliformes totales: Son bacterias en forma de bacilos, anaerobios facultativos, gram negativos, no formadores de esporas. Es indicador de contaminación microbiana. Es una variable cuantitativa, independiente y con escala ordinal.

La unidad de análisis es NMP/100mL (Número Mas Probable). Puede tomar los valores < 1.1, 1.1, 2.6, 4.6 o >8.0.

Las metodologías de análisis se detallan en la Tabla 3.

4.9 Indicadores y su Medición.

A continuación se presentan en la siguiente tabla los indicadores y su medición estudiados en la investigación (Tabla 3)

Variable	Indicador	Medición
pH	Acida, Básica, Neutra	Potenciometrica
Turbidez	Presencia o ausencia de material suspendido	Visual
Color:	Rechazable, No Rechazable	Organoléptico
Olor	Rechazable, No Rechazable	Organoléptico
Temperatura	Agua Normal y Termal	Visual
Dureza	Agua Dura y Blanda	Volumétrica
Nitratos	Concentración que supera a los límites permisibles: Deterioro de calidad	Espectrofotométrica
Sulfatos	Concentración que supera a los límites permisibles: Deterioro de calidad	Espectrofotométrica
Fluoruros	Concentración que supera a los límites permisibles: Deterioro de calidad	Espectrofotométrica
Hierro	Concentración que supera a los límites permisibles: Deterioro de calidad	Espectrofotométrica
Manganeso	Concentración que supera a los límites permisibles: Deterioro de calidad	Espectrofotométrica
Arsénico	Concentración que supera a los límites permisibles: Contaminación por metales tóxicos. Deterioro de calidad	Fotométrico
Cadmio	Concentración que supera a los límites permisibles: Contaminación por metales tóxicos. Deterioro de calidad	Fotométrico
Mercurio	Concentración que supera a los límites permisibles: Contaminación por metales tóxicos. Deterioro de calidad	Fotométrico
Plomo	Concentración que supera a los límites permisibles: Contaminación por metales tóxicos. Deterioro de calidad	Fotométrico
Coliformes fecales	Presencia: Contaminación por heces fecales	Numero mas probable por 100 ml NMP/100ml
Coliformes totales	Presencia: Contaminación por bacterias termotolerables	Numero mas probable por 100 ml NMP/100ml

4.9 Instrumentos de Medición Utilizados

En la presente tabla se detallan los instrumentos de medición utilizados en el estudio. (Tabla 4)

PARÁMETRO	MÉTODOS ANALÍTICOS
Dureza Total	Volumétrico
Fluoruro	Colorimétrico
Hierro Total	Colorimétrico
Manganeso	Colorimétrico
Nitratos	Colorimétrico
Sulfatos	Colorimétrico
Turbidez	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Conductividad	Electrométrico
Olor	Organoléptico
Color	Escala Platino-Cobalto
Temperatura	Termómetro
Arsénico	Colorimétrico
Cadmio	Colorimétrico
Mercurio	Colorimétrico
Plomo	Colorimétrico
Escherichia coli	Tubos múltiples
Coliformes fecales	Tubos múltiples
Coliformes totales	Tubos múltiples

4.11 Técnicas y Procedimientos

A continuación se describen las técnicas y procedimientos para efectuar la determinación de cada parámetro fisicoquímico.

pH: Se toma la muestra de agua en un recipiente y se introducen los electrodos del pH metro recientemente calibrado con solución buffer de pH correcto se realiza por triplicado (ver aparato anexo 7).

Color: Se toma la muestra de agua en un recipiente y se coloca en el aparato para medir el color y se compara en la escala se hace por tres veces.

Olor: La muestra de agua se percibe el olor por la nariz.

Temperatura: En un vaso de precipitado se coloca la muestra de agua y se introduce el Termómetro, se lee y se realiza tres veces.

Solidos totales: Se coloca la muestra en el aparato de conductividad eléctrica en la opción Solidos totales y se efectúan tres veces (ver anexo 8).

Turbidez: En un recipiente se coloca la muestra de agua y se coloca en el Turbidímetro, se efectúa la lectura por tres veces. (Ver anexo 9).

Determinación de Dureza Total en Aguas

La presencia de sales de Calcio y Magnesio en aguas se denomina DUREZA. Las sales que causan dureza son principalmente Bicarbonatos y Sulfatos. La Dureza de las aguas se expresa corrientemente en partes por millón (miligramos por litro) de una cantidad equivalente de Carbonato de Calcio. La Dureza de agua varía según las fuentes y origen y su tratamiento. Aguas con dureza total inferior a 100 ppm se consideran blandas. Valores por encima de 300 ppm indican aguas de dureza excesiva. La aceptación o rechazo de las aguas es función de las legislaciones vigentes o de las necesidades del usuario.

Fundamento

La determinación de la Dureza total en aguas se realiza rápidamente empleando EDTA como agente titulante. La solución compleja los Cationes Calcio y

Magnesio presentes en la muestra, en medio tamponado a pH 10 utilizándose como indicador Negro de Eriocromo para el punto final.

- **Reactivos**
- Solución de EDTA Na $2H_2O$ 0.010 M
- Buffer Amonio/Cloruro de Amonio pH 10
- Indicador Calmagita en medio acuoso
- Testigos: se proveen testigos de Dureza equivalentes a 100, 250 y 500 ppm de Carbonato de Calcio

Técnica

1. En Erlenmeyer colocar 50 mL del agua en análisis
2. Agregar 2 mL de solución buffer de amonio/cloruro de amonio y mezclar por agitación suave.
3. Adicionar el indicador Negro de Eriocromo. Mezclar.
4. Titular con EDTA 0.010 M desde bureta de 50 mL, gota a gota.
5. En el punto final la solución vira de rojo vinoso al azul franco, sin tinte rojizo permanente.
6. Leer y anotar el consumo de EDTA 0.010 M

Cálculos

Multiplicar los mililitros de EDTA 0.010 M consumidos por el factor 20 para obtener la DUREZA TOTAL en partes por millón de Carbonato de Calcio

Determinación de Sulfatos por Espectrofotometría Ultravioleta

Fundamento

La muestra es tratada con Cloruro de Bario, en medio ácido, formándose un precipitado blanco de Sulfato de Bario, se requiere de un solvente acondicionador,

que contiene glicerina y alcohol, para modificar la viscosidad de la muestra y así permitir que el precipitado de BaSO_4 se mantenga en suspensión, produciendo valores de turbidez estables.

La turbidez de este precipitado se mide en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm y con una celda de 1 cm. Y la preparación de un **blanco** (Ver anexo10)

Reactivos

- Solución ácida acondicionadora
- Añadir 50 ml de glicerina a una solución que contenga:
- 30.0 ml de HCl concentrado.
- 300 ml de agua destilada.
- 100 ml de Alcohol Etílico.
- 75 g de Cloruro de Sodio.

Reactivo de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (tamaño de partícula: malla 20 a 30)

Se requieren 0.5 g de cristales para cada muestra.

Solución patrón de 100 ppm de SO_4^{2-}

Disolver 0.1479 g de Na_2SO_4 secados a 110°C durante 2 horas y aforar a 1000 mL

Estandarización Curva de calibración de sulfatos

Preparar una curva de calibración con los siguientes puntos: 0, 5, 10, 15, 20 y 25 ppm de SO_4^{2-} .

1. Se colocan en 6 matraces volumétricos de 100 ml los siguientes volúmenes de solución estándar de 100 ppm de SO_4^{2-} : 0, 5, 10, 15, 20 y 25 ml, se afora con agua destilada hasta la marca.
2. Continuar los pasos del procedimiento para desarrollar la Turbidez.

Procedimiento

Preparar un **blanco** con agua destilada y reactivos y ajustar la absorbancia a un valor de 0

1. Muestra.
2. Colocar 10 ml de la muestra de agua en un matraz Erlenmeyer de 50 ml.
3. Añadir 1 ml de la solución ácida acondicionadora.
4. Mezclar bien.
5. Agregar 0.5 g de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
6. Agitar durante 1 minuto.
7. Transferir la muestra a una celda de 1 cm del espectrofotómetro y leer la absorbancia a una longitud de onda de 420 nm dentro de los 2 minutos siguientes.

Cálculos

De la curva de calibración: se obtienen los ppm de SO_4^{2-} , de acuerdo con la lectura de absorbancia de la muestra. En caso de utilizar diluciones, se multiplica por el factor de dilución correspondiente.

Determinación de Nitratos en Aguas

Este método es aplicable a muestras limpias con bajo contenido de materia orgánica, tales como las provenientes de plantas suministro y/o aguas subterráneas. Las mediciones se realizan utilizando un espectrofotómetro a 220 nm, para concentraciones inferiores a 10 mg/L, rango para el cual se cumple la Ley de Beer.

Fundamento

Teniendo en cuenta que tanto la materia orgánica como el ion Nitrato absorben energía radiante a una longitud de onda de 220 nm y que la materia orgánica mas no el Nitrato, absorbe también a 275 nm, el método analítico realiza las mediciones a estas dos longitudes de onda, con el objeto de corregir las

primeras mediciones por la interferencia que haya podido ocasionar la materia orgánica presente en la muestra. El grado de esta corrección empírica se reacciona con la naturaleza y concentración de la materia orgánica y puede variar a partir de un agua a otra. El método espectrofotométrico es muy bueno para muestras limpias y puede adaptarse bien para muestras con materia orgánica, siempre que esta permanezca estable y constante. La filtración de la muestra es útil para quitar interferencia posible de partículas suspendidas. (ver anexo 10)

Reactivos

- Ácido Clorhídrico 1N

Técnica

El ion Nitrato absorbe a 220 nm, y la materia orgánica disuelta también puede absorber a esta longitud de onda. Para corregir las interferencias debidas a la materia orgánica, se toma una segunda lectura de absorbancia a 270 nm, donde no absorbe el Nitrato. Aunque tome más tiempo a veces es preferible hacer una separación previa para eliminar las especies que interfieren. También es frecuente tratar la muestra con un reactivo selectivo, de modo que en la reacción se forme una especie que absorba una región donde no haya interferencias.

A continuación se describe el procedimiento seguido:

Solución stock de Nitrato: se disuelve 0.3626g de KNO_3 , previamente secado a 105 C durante 4 horas, en 500 ml de agua y se preserva por adición de 2 ml de Cloroformo. Esta solución contiene 100 ppm de nitrato como N.

Preparación de solución patrón intermedia de Nitrato: Se diluye 10 mL de la solución stock de Nitrato y se afora a 100 mL con agua destilada

Soluciones patrón de Nitratos: se preparan por dilución de la solución intermedia. De 0 a 5 ppm de $\text{NO}_3^- \text{N}$ a 50ml.

Blanco: En un balón de 50 ml se coloca aproximadamente 45 ml de agua destilada, se añade 1 ml de solución de HCl 1N y luego se afora a 50 mL.

Tratamiento de la muestra: Se adiciona 1 mL de HCl N a 50 mL de muestra, filtrada si es preciso, y mezclar vigorosamente. El HCl tiene por objeto impedir interferencias por concentraciones de hidróxido o carbonatos que pueden estar en las muestras.

Cálculos

Se prepara la curva de calibración y se lee la absorbancia de las muestras

Determinación de Hierro por el método de Fenantrolina

Reactivos

- Hidroxilamina
- Ácido Clorhídrico
- Fenantrolina
- Ácido Acético
- Acetato de Amonio

Procedimiento

Blanco: Preparar un blanco con agua destilada y reactivos y ajustar la absorbancia a un valor de 0.

Muestra

1. Medir 50 mL de muestra y colocar en un Erlenmeyer
2. Adicionar 2 mL de Ácido Clorhídrico concentrado y 1 mL de Hidroxilamina 10%, y mezclar.
3. Calentar a ebullición y evaporar hasta reducir el volumen a aproximadamente 10 mL.

4. Trasferir a un balón de 50 mL y enjuagar el Erlenmeyer con agua destilada y agregar los lavados al balón.
5. Adicionar 10 mL de Buffer Acetato a la muestra y 4 mL de Fenantrolina 0.25%, aforar con agua y mezclar.
6. Esperar desarrollo de color por lo menos 10 minutos
7. Transferir la muestra a una celda de 1 cm del espectrofotómetro y leer la absorbancia a una longitud de onda de 510 nm

Cálculos

Preparar curva de calibración y con los datos obtenidos calcular los ppm de Hierro Total de acuerdo con la lectura de absorbancia de la muestra. En caso de utilizar diluciones, se multiplica por el factor de dilución correspondiente.

Determinación de Manganeso por el método de Persulfato

Reactivos

- Sulfato de Mercurio
- Nitrato de Plata
- Ácido Fosfórico
- Ácido Nítrico
- Peróxido de Hidrogeno
- Persulfato de Amonio

Procedimiento

Blanco: Preparar un blanco con agua destilada y reactivos y ajustar la absorbancia a un valor de 0.

Muestra

1. Medir 100 mL de muestra y colocar en un Erlenmeyer

2. Adicionar 5 mL de Reactivo especial y 1 gota de Peróxido de Hidrogeno y mezclar.
3. Calentar a ebullición y evaporar hasta reducir el volumen a aproximadamente 90 mL.
4. Retirar del calor el Erlenmeyer y adicionar 1 g de Persulfato de Amonio, mezclar.
5. Calentar de nuevo por un minuto y enfriar rápidamente en baño de hielo
6. Trasferir a un balón de 100 mL y enjuagar el Erlenmeyer con agua destilada agregando los lavados al balón, llevar a volumen con agua, mezclar
7. Transferir la muestra a una celda de 1 cm del espectrofotómetro y leer la absorbancia a una longitud de onda de 525 nm

Cálculos

Preparar curva de calibración y con los datos obtenidos calcular los ppm de Manganeso de acuerdo con la lectura de absorbancia de la muestra. En caso de utilizar diluciones, se multiplica por el factor de dilución correspondiente.

El análisis de metales arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo se realizo por método fotométrico (ver anexo 11)

Instrumentos de Medición Utilizados

Se utilizaron equipos e instrumentos estándares según el método sugerido por la Norma para Agua Potable, en: Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia, Laboratorio de Bioquímica de la Facultad

Multidisciplinaria Oriental; algunos de los equipos e instrumentos utilizados en la medición de los parámetros para calidad del agua fueron los siguientes: pH metro, Conductímetro, Turbidímetro, Termómetro, Fotómetro y Espectrómetro (ver imágenes en anexo 7, 8, 9, 10 y 11).

CAPITULO V ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Resultados de Análisis Bacteriológico

A continuación se presenta los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 5

Nº DE MUESTRA	BACTERIAS COLIFORMES TOTALES	BACTERIAS COLIFORMES FECALES	NORMA CONACYT AGUA POTABLE 2 ^{da} ACTUALIZACION NSO 13.07.01.01:08
	TUBOS MULTIPLES	TUBOS MULTIPLES	
1	>8.0	>8.0	<1.1 NPM/100ml
2	4.6	4.6	<1.1 NPM/100ml
3	>8.0	>8.0	<1.1 NPM/100ml
4	1.1	1.1	<1.1 NPM/100ml

5.2 Resultados de Análisis Físico-Químico

La presente tabla se describen los resultados de los parámetros relacionados al análisis Físico - Químico

Tabla 6

Nº de muestra	1	2	3	4	Norma CONACYT
Parámetros					Agua Potable 2da Actualización NSO 13.07.01:08
pH	6.81	6.58	6.65	6.84	8.5
Turbidez (UNT)	0.13	2.86	0.54	0.07	5
Color (mg/L Platino- Cobalto)	0	0	0	0	15
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Temperatura °C	28.2	28.5	28.2	28.3	No rechazable
Solidos Totales disueltos (mg/L)	74	82	106	206	1000
Dureza (mg/L)	47	42.9	83.8	183.9	500
Nitratos (mg/L)	7.9	0	4.36	2.72	45
Sulfatos (mg/L)	0.34	1.49	0.96	24.42	400
Fluoruros (mg/L)	0.1	0.1	0.2	0.1	1
Hierro (mg/L)	0.01	0.06	0.01	0.01	0.3
Manganeso (mg/L)	0	0.03	0	0	0.1
Arsénico (mg/L)	ND				0.01 mg/L
Cadmio (mg/L)	ND				0.003 mg/L
Mercurio (mg/L)	0.247	0.18	0.197	0.198	0.001 mg/L
Plomo (mg/L)	0.008	0.11	0.16	0.32	0.01 mg/L

5.3 Análisis y Discusión de Resultados.

En la Tabla 5 se representan los resultados correspondientes a los análisis bacteriológicos de los cuatro pozos muestreados, en el Caserío El Tamarindo. En todos los pozos, el número más probable NMD/100ml es muy alto comparando con el límite máximo permisible para calidad microbiológica, por consiguiente el agua para el consumo humano, no cumple con los estándares de seguridad referidos a la calidad microbiológica del agua de La Norma Salvadoreña Obligatoria NSO13.07.01:08 y no lo es apta para el consumo de los habitantes.

En la Tabla 6 se presentan los resultados del análisis de los parámetros físicos químicos, de los cuatro pozos muestreados en El Caserío El Tamarindo; en los cuales muestran que los valores de pH, Color, Olor, Turbidez, Temperatura, Sólidos totales disueltos, Dureza, Sulfatos, Nitratos, Fluoruros, Hierro, Manganeso, Cadmio, y Arsénico en todos los pozos no exceden al límite permisible de características inorgánicas de alto riesgo para la salud.

Sin embargo, en la misma Tabla los valores de Mercurio y Plomo en todos los pozos exceden el límite máximo permisible para sustancias químicas inorgánicas de alto riesgo para la salud registrados en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO13.07.01:08.

Por lo tanto, ingerir agua de pozos con niveles superiores a lo permisible de estos metales nefrotóxicos, constituye un riesgo para la salud de los habitantes del Caserío El Tamarindo

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La calidad del agua de muestras de pozos en El Caserío El Tamarindo presenta deterioro debido a que no cumple con los requeridos de calidad microbiológico porque los resultados superan los valores permisibles de Bacterias Coliformes Totales y Fecales.
- Así mismo los valores para sustancias químicas de tipo inorgánicas de alto riesgo para salud tales como los metales Mercurio y Plomo superan los límites máximos permisibles y no cumplen los requisitos de Calidad fisicoquímico según La Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08
- Los valores encontrados en el Pozo de Control para Mercurio y Plomo son muy altos, siendo una situación preocupante dado la presunción de estar fuera del área de contaminación.

6.2 Recomendaciones

- De acuerdo con los resultados obtenidos es necesario continuar la investigación sobre la calidad del agua de pozo del Caserío El Tamarindo en la modalidad de monitoreo especialmente para los metales Mercurio y Plomo por ser nefrotóxicos.
- Se recomienda un Estudio de Transecto, en el cual se analiza el entorno circundante de los pozos, a través de perfiles, alejándose del punto de contaminación, para establecer los niveles de concentración de metales.
- Es importante que se apliquen métodos de desinfección de pozos para eliminar las bacterias coliformes en el agua destinada a consumo humano.
- Debe iniciarse una gestión para diseñar y ejecutar un sistema de depuración del agua de tal forma que permita disminuir o eliminar las concentraciones de metales tóxicos.

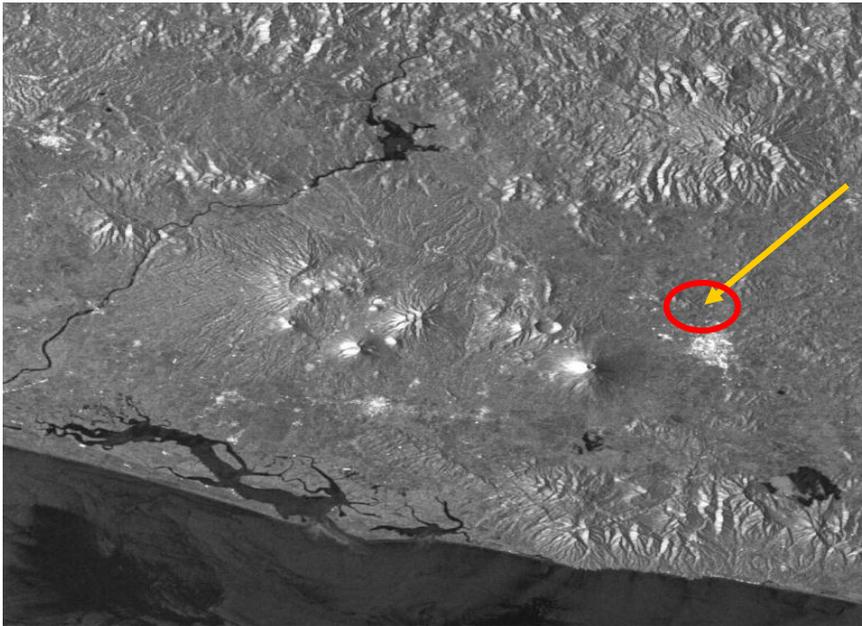
- La aplicación de técnicas de desinfección y eliminación de metales puede ser muy costosa para los habitantes de la comunidad. Por lo que, sería conveniente evaluar la alternativa de ejecutar pozos de prueba a profundidades donde se prevé que la absorción de los estratos térreos permita la retención de los metales. Esta recomendación tendría que estudiarse con instituciones relacionadas como Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Ministerio de Salud.

VII FUENTES DE INFORMACION CONSULTADAS.

1. Rubio Fabián Roberto. La Situación Ecológica de El Salvador en Cifras, UCA Editores 1996 San Salvador, El Salvador.
2. Séptimo Sentido. La Prensa Grafica.com 18 de marzo de 2012 El Salvador.
3. elsalvador.com.6 de julio 2011
4. SEMA. Por un Desarrollo Sostenible UNICEF, Primera Edición El Salvador 1996.
5. Conn Stump. Bioquímica Fundamental, Quinta Edición Limusa Noriega Editores.
6. Dickson T.R Química Enfoque Ecológico. Editorial Limusa, Séptima Edición, reimpresión 1996. México.
7. Domenech. Química de la Hidrosfera. Miraguano Ediciones 1995 Madrid España.
8. Campbell N. Mitchel L, Biología. Conceptos y Relaciones, Pearson Educación Wesley Tercera Edición,2001 México.
9. Domenech. Química Ambiental, Miraguano Ediciones Madrid España 1994.
10. Terence. McGhee. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Ingeniería Ambiental Mc Graw Hill, Sexta Edición, Colombia 1999.
11. Serrano Francisco Editor. Historia Natural y Ecología de El Salvador. Tomo Uno Ministerio de Educación. El Salvador 1995.
12. Campos Gómez Irene. Saneamiento Ambiental. Organización Mundial de Salud (OMS) 1996.
13. Spiro Thomas G., Stigliani William M. Stigliani. Química Ambiental, Segunda Edición. Pearson Educación S.A Madrid 2004.

- 14.Sawyer. Química Medioambiental Mc Graw Hill. Cuarta Edición, Colombia 2001.
- 15.Albert A. Lilia. Toxicología Ambiental, Curso Básico, Editorial Limusa México 1990.
- 16.To Jordi Dossier de Ecotoxicologia Universidad Autonoma de Barcelona. 1998.
- 17.Erzinger F. González L. El Lado oscuro del Oro, Caritas UNES, Primera Edición, El Salvador 2008
- 18.Informe Nacional del Estado de Medio Ambiente MARN, El Salvador 2000.
- 19.Rubio R y otros La situación ecológica de El Salvador en cifras. UCA Editores El Salvador 1996.
- 20.Universidad Doctor Andrés Bello. Prevalencia, Factores y Agentes de riesgo de la Enfermedad Renal Crónica en cuatro localidades de El Salvador Dirección de Investigación y Proyección Social El Salvador 2010.
- 21.Comisión Ejecutiva Autónoma del Río Lempa, CEL, Léxico Estratigráfico de El Salvador, 1984.
- 22.Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET, Mapa Geológico de El Salvador, escala 1:100 000
- 23.Hernández, R. Sampieri. Metodología de la Investigación, Tercera Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2003.
- 24.Muñoz, Campos, R. La Investigación Científica, Cuarta Edición, Talleres Gráficos UCA, El Salvador, 2008.
- 25.Harvey, David. Química Analítica, Primera Edición, Mc Graw Hill, España 2000.

ANEXOS



Anexo 1 Imagen satelital de la Sierra Tecapa-Chinameca y volcán de San Miguel hacia el nor oeste se encuentra la zona en estudio Caserio El Tamarindo Canton Las Delicias



Anexo 2 Panorama del tipo de relieve predominante en la zona



Anexo 3 Toma de pH de Suelo



Anexo 4 Manantial o "Pozo" superficial



NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA

NSO 13.07.01:08

AGUA, AGUA POTABLE.

(Segunda actualización)

Publicada en el Diario Oficial el 12 de Junio de 2009, tomo

383 Numero 109

EL SALVADOR C.A JUNIO 2009

Los Comités Técnicos de Normalización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, son los organismos encargados de realizar el estudio de las normas. Están integrados por representantes del Sector Productor, Gobierno, Organismo de Protección al Consumidor y Académico Universitario.

Con el fin de garantizar un consenso nacional e internacional, los proyectos elaborados por los Comités se someten a un período de consulta pública durante el cual puede formular observaciones cualquier persona.

El estudio elaborado fue aprobado como NSO 13.07.01:08, AGUA. AGUA POTABLE, el cual es una adaptación de la Guía para la calidad del Agua Potable OMS, Tercera Edición; por el Comité Técnico de Normalización 07. La oficialización de la norma conlleva la ratificación por Junta Directiva y el Acuerdo Ejecutivo del Ministerio de Economía.

Esta norma está sujeta a permanente revisión con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias de la técnica moderna. Las solicitudes fundadas para su revisión merecerán la mayor atención del organismo técnico del Consejo: Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad.

MIEMBROS PARTICIPANTES DEL COMITÉ 07

Santiago Ghiringhello. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social(1)
Carlos Aguilar Molina Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.(1)
Celia de Mena Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.(1)
Héctor Dueñas Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.(1)
Alex Villeda Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.(1)
Thelma de Arevalo Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.(1)
Ruben Aleman Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.(1)
Marcela Fuentes Guillén Defensoría del Consumidor(2)
Evelyn Sánchez de Ramos Centro para la Defensa del Consumidor(2)
Diana Burgos Centro para la Defensa del Consumidor(2)
Víctor Manuel Segura Especialidades Industriales, ESPINSA(2)
John R. McCormack Asociación Nacional de la Empresa Privada ANEP (3)
Ana Cecilia Hernandez INDUSTRIAS LA CONSTANCIA (3)
Eliú Flores Universidad Técnica Latinoamericana (3)
Ricardo Harrison CONACYT

(1) Sector Gobierno, (2) Sector Consumidor, (3) Sector Privado, (4) Sector Académico

0. INTRODUCCIÓN.

El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos permisibles para garantizar que sea sanitariamente segura.

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debecumplir el agua potable para proteger la salud pública.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico.

3. DEFINICIONES TÉCNICAS

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

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

3.3 Alcalinidad: es la medida de las sustancias alcalinas presentes en el agua, que pueden ser: hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, entre otros.

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

3.5 Bacterias heterótrofas: son bacterias que obtienen el carbono a partir de compuestos orgánicos.

3.6 Colonias: grupos discretos de microorganismos sobre una superficie, en oposición al crecimiento disperso en un medio de cultivo líquido.

3.7 *Escherichia coli*: bacterias aeróbias o anaeróbias facultativas, gram negativa, no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal

3.8 Grupo coliforme total : son bacterias en forma de bacilos, anaeróbios facultativos, gram negativos, no formadores de esporas. Es indicador de contaminación microbiana.

3.9 Grupo coliforme fecal o termotolerantes: son bacterias coliformes que se multiplican a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. En su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales desangre caliente.

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

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

3.12 Operador. Prestador del servicio de abastecimiento de agua de consumo humano.

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

3.14 Parámetro: es aquella característica que es sometida a medición.

3.15 Placa Vertida: método utilizado para el conteo de bacterias heterótrofas en el que un edio sólido fundido y enfriado a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, se vierte dentro de cajas petri que contienen una cantidad definida de muestra. El resultado se expresa en unidades formadoras de colonias UFC/ml.

3.16 Radioactividad: es la emisión de energía atómica radiante, causada por la desintegración del núcleo de los átomos de algunos elementos.

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

3.18 Residuos de plaguicidas: cualquier sustancia presente en el agua como consecuencia del uso y manejo de plaguicidas.

3.19 Turbidez: es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida al ser transmitida en líneas rectas a través de la muestra, debido a la presencia de sólidos suspendidos en el agua.

3.20 Unidades Formadoras de colonias (UFC): expresa el número de colonias originadas a partir de una célula, pares, cadenas o agrupaciones de células.

4. REQUISITOS

4.1 REQUISITOS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICOS.

Tabla 1. Límites Máximos Permisibles para calidad microbiológica

Parámetro	Límite Máximo Permissible		
	Técnicas		
	Filtración por Membranas	Tubos Múltiples	Placa vertida
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	-----
Bacterias coliformes fecales o termotolerantes	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	-----
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	-----
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	100 UFC/ ml	----	100 UFC/ ml
Organismos patógenos	Ausencia		

Cuando en una muestra se presentan organismos coliformes totales fuera de la Norma, según la Tabla 1, se deben aplicar medidas correctivas y se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se les debe examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas demuestren que el agua es de una calidad que reúne los requisitos exigidos por la Tabla 1.

Un número mayor de 100 microorganismos por mililitro en el recuento total de bacterias heterotróficas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

En cada técnica se pueden usar los sustratos tradicionales o sustratos - enzimas aprobadas por una entidad internacional reconocida y relacionada con la calidad del agua potable.

4.2 REQUISITOS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICOS

Tabla 2. Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible
Color Verdadero	(Pt-Co)	15
Olor	-	No Rechazable
pH	-	8.5 ¹⁾
Sabor	-	No Rechazable
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000 ²⁾
Turbidez	UNT	5 ³⁾
Temperatura	°C	No Rechazable

¹⁾ Límite Mínimo Permissible 6.0 Unidades

2) Por las condiciones propias del país.

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

Tabla 3 Valores para Sustancias Químicas

Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/l)
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Cobre	1.3
Dureza Total como	(CaCo ₃) 500
Fluoruros	1.00
Plata	0.07
Sodio	200.00
Sulfatos	400.00
Zinc	5.00
Hierro Total	0.30 ¹⁾
Manganeso	0.1 ¹⁾

1) Cuando los valores de hierro y manganeso superen el límite máximo permisible establecido en esta norma y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables de 2,0 mg/l para el hierro y de 0,5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar los problemas estéticos de color, turbidez y sabor que se generan .

Tabla 4 Valores para sustancias químicas de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud

Parámetro	Límite Máximo Permisible ¹⁾ mg/l
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo(Cr ⁺⁶)	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato NO ₃) ¹⁾	45.00
Nitrito (Medido como Nitrógeno) ¹⁾	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

1) Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo límite máximo permisible no debe superar la unidad, es decir

$$\frac{\text{NO}_3}{\text{LMP.NO}_3} + \frac{\text{NO}_2 \leq 1}{\text{LMP.NO}_2}$$

Tabla 5. Valores para sustancias químicas orgánicas de riesgo para la salud

Parámetro	Límite Máximo Permissible (µg/litro)
Aceites y grasas	Ausencia
Benzeno	10
Tetracloruro de carbono	4
2 etilexil eftalato	8
1,2- diclorobenzeno	1000
1,4 –diclorobenzeno	300
1,2-dicloroetano	4
1,1 Dicloroetano	30
1,2 Dicloroetano	50
Diclorometano	20
1,4 Dioxano	50
Acido edético (EDTA)	600
Etilbenzeno	300
Hexaclorobutadieno	0.6
Acido Nitrilo Triacético(NTA)	200
Pentaclorofenol	9
Estireno	20
Tetracloroetano	40
Tolueno	700
Tricloroetano	70
Xilenos	500

Tabla 6 Valores para residuos de plaguicidas

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (µg/litro)
Alaclor	20
Aldicarb	10
Aldrin/dieldrin	0.03
Atrazine	2
Carbofuran	7
Clordane	0,2
Clorotoluron	30
Cyanazine	0,6
2,4-D (2,4- ácido diclorofenoacetico)	30
2,4-DB (4-(2,4-diclorofenoxy)butirico acido)	90
1,2-Dibromo-3-cloropropano	1

1,2-Dibromometano	15
1,2-Dicloropropane (1,2-DCP)	40
1,3-Dichloropropeno	20
Dichlorpropeno	100
Dimetoateo	6
Endrin	0,6
Fenoprop	9
Hexaclorobenzeno	1
Isoproturon	9
Lindano	0.3
MCPA (4-cloro-2-metilfenoxi)Acido acético	2
Mecoprop	10
Metoxycloro	20
Metolacloro	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9
Simazine	2
2,4,5-T Acido Acetico, (2,4,5-triclorofenoxi)	9
Terbutilazina	7
Trifluralín	2

Tabla 7. Valores para desinfectantes y subproductos de la desinfección

PARAMETRO	Límite máximo permisible (µg/l)
Bromato	10
Bromodiclorometano	60
Bromoformo	100
Hidrato de coral (tricloroacetaldehido)	10
Clorato	700
Clorito	700
Cloroformo	200
Cloruro de cianógeno	70
Dibromoacetnitrilo	70
Dibromoclorometano	100
Dicloroacético	40
Dicloroacetnitrilo	20
Formaldehido	900
Monocloroacetato	20
Tricloroacético	200
2,4,6-triclorofenol	200
Trihalometanos totales	100
	La sumatoria de la relación de la concentración con sus valores máximos admisibles no debe de exceder a uno □ C/LMP <= 1

Tabla 8. Valores para cloro residual

PARÁMETRO	Límite máximo permisible (mg/l) 1)
Cloro residual libre	1.1

1) Mínimo: 0,3 mg/l para condiciones en las que no hayan brotes de enfermedades por consumo de agua contaminada El límite recomendado seguro y deseable de cloro residual libre en la primera vivienda más próxima al punto de inyección al sistema de abastecimiento de agua con cloro es de 1.1 mg/l y en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.3 mg/l, después de 30 minutos de Contacto, con el propósito principal de reducir al 99.99% de patógenos entéricos.

En ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico el residual de cloro debe mantenerse un límite máximo permisible permisible de 1,5 mg/l y un límite mínimo permisible de 0,6 mg/l en todas las partes del sistema de distribución, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben tomarse medidas similares en los casos de interrupciones o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

Los valores recomendados y el valor máximo admisible de estas especificaciones están sujetos a modificarse cuando se pueda emplear un método analítico sencillo pero preciso y exacto para determinar la presencia de las sustancia denominadas “Trihalometanos Totales” (THM) en el agua de consumo, siempre que no sobrepase el límite de 100 µg/litro

Tabla 9 Límites de los parámetros radioactivos para el agua potable (Radionúclidos)

PARÁMETRO	Limite máximo permisible
Alpha Global	15 (pCi/L) 1) equivalente a dosis anual
Actividad partícula beta y fotones	4 (mrem 2) /año)equivalente a dosis anual
Radio 226 y 228	5 (pCi/L) 1) equivalente a dosis anual
Uranio	30 ug/L

1)(pCi/l) = picocuries/l

2) mrem = milirem

Tabla 10 Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriana del agua potable Se establece el número de muestras en relación a la población servida de acuerdo a la siguiente tabla:

Tamaño de población (habitantes)	Número mínimo de muestras/mes
< 5,000	1 Muestra / 5,000 usuarios
5,000 – 100,000	1 Muestra / 10,000 usuarios
> 100,000	más 10/muestras adicionales

Tabla 11 Intervalos entre muestras para análisis bacteriológico

Tamaño de población (habitantes)	Periodo máximo entre muestras consecutivas
< 25,000	1 mes
25,001 a 100,000 2	veces al mes
100,001 a 300,000	semanal
>300,000	cada tres días

Los requisitos de calidad bacteriana del agua de consumo humano son los siguientes:

En el periodo de un año, el 80 por ciento de los resultados de los análisis correspondientes a los compuestos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua de consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores establecidos.

El contenido de coliformes fecales por 100 mililitros en el total de muestras tomadas a la salida de la planta de tratamiento, y abastecimiento de agua para consumo humano, deben de cumplir con lo siguiente:

- (i) El 95 por ciento de las muestras no deben contener ningún coliforme fecal en donde cincuenta (50) o más muestras de agua han sido tomadas en el año; o
- (ii) El 90 por ciento de las muestras no deben contener ningún coliforme fecal en donde menos de cincuenta (50) muestras han sido tomadas en el año.

5. FRECUENCIA DEL EXAMEN FÍSICO - QUÍMICO.

El muestreo y el examen frecuentes son necesarios en el caso de los componentes microbiológicos, pero cuando se trata de compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua que están relacionados con la salud, se requieren tomas de muestra y análisis menos frecuentes. Debe realizarse un examen completo cuando se pone en servicio una fuente nueva de agua e inmediatamente después de cualquier modificación importante de los procesos de tratamiento. Más adelante, es preciso analizar periódicamente muestras con una frecuencia dependiente de las condiciones locales. Además, es importante la información local sobre los cambios ocurridos en la zona de captación (en particular actividades agrícolas e industriales), que puede usarse para pronosticar posibles problemas de contaminación y por consiguiente, determinar la necesidad de vigilar con más frecuencia la presencia de compuestos específicos.

No se puede generalizar en lo tocante a la frecuencia con que ha de examinarse el agua potable para evaluar sus características organolépticas. Algunos componentes, por ejemplo el sodio o cloruro se encuentran en el agua de la fuente, mientras que otros se agregan durante los procesos de tratamiento. Otras características y componentes, como el sabor, el hierro, el zinc, etc. Pueden variar considerablemente debido a otros factores o según el tipo de sistema de distribución y la prevalencia de los problemas de corrosión. Es obvio que el caso de algunos componentes y parámetros, el examen deberá ser bastante frecuente, mientras que con otros, cuyas concentraciones varían poco, será suficiente una menor frecuencia.

Tabla 12 Parámetros a determinar por tipo de frecuencia para análisis microbiológicos y físico-químicos.

N°	Parámetro	Tipo de Análisis		
		Mínimo	Normal	Completo
MICROBIOLOGICOS				
1	Bacterias coliformes totales	X	X	X
2	Bacterias coliformes fecales	X	X	X
3	Escherichia coli	X	X	X
4	Bacterias heterotrofas y aerobias mesofilas			X
ORGANOLEPTICOS				
1	Color verdadero		X	X
2	Olor		X	X
FISICO-QUIMICOS				
1	Temperatura		X	X
2	Turbidez		X	X
3	pH	X	X	X
4	Sólidos totales disueltos		X	X
5	Sulfatos			X
6	Aluminio		X	X
7	Cloro Residual	X	X	X
8	Dureza Total			X
9	Zinc			X
SUSTANCIAS NO DESEABLES				
1	Nitratos			X
2	Nitritos			X
3	Boro			X
4	Hierro		X	X
5	Manganeso		X	X
6	Flúor			X
SUSTANCIAS TOXICAS				
1	Bario		X	X
2	Arsénico		X	X
3	Cadmio		X	X
4	Cianuros		X	X
5	Cromo		X	X
6	Mercurio		X	X
7	Níquel		X	X
8	Plomo		X	X
9	Antimonio		X	X
10	Selenio		X	X
11	Plaguicidas organoclorados			X
12	Plaguicidas Organofosforados			X
13	Plaguicidas Carbamatos			X
14	Sub-productos de la desinfección (THM)			X

1 Sensorial

Para los parámetros contemplados en la norma y que no están incluidos en la tabla, el Ministerio de Salud establecerá la necesidad de análisis y su frecuencia de muestreo en situaciones especiales.

Tabla No. 13 Numero de muestras y frecuencia de muestreo para análisis físico -químico.

TAMAÑO DE POBLACION (HABITANTES)	MINIMO 1 muestra mensual	NORMAL 1 muestra bi mensual	COMPLETO 1 muestra anual
<25,000			
25,000 a 100,000	1 muestra / 5,000 (El total de muestras distribuidas en dos muestreos quincenales)	1 muestra bimensual / 50,000 usuarios	1 muestra semestral / 50,000 usuarios
100,001 a 300,000	1 muestra / 10,000 usuarios más 5 adicionales. (El total de muestras distribuidas en cuatro muestreos mensuales)	1 muestra mensual / 50,000 usuarios	1 muestra trimestral / 50,000 usuarios
>300,000	1 muestra / 10,000 usuarios más 10 muestras adicionales. (El total de muestras distribuidas en 10 muestreos en el mes)	1 muestra / 50,000 usuarios, (El total de muestras distribuidas en dos muestreos quincenales)	1 muestra bimensual / 100,000 usuarios

Si después de un año los valores de concentración de los parámetros de las muestras tomadas para los análisis químicos en cualquier sistema de abastecimiento de agua para consumo humano que muestren consistentemente niveles menores a los límites máximos permisibles establecidos en esta norma y no existiere un factor conocido o previsible que pudiera reducir la calidad del agua, entonces la autoridad de salud pública podrá permitir la no realización de los análisis de los parámetros descritos en dichos sistemas, excepto el cloro y otros desinfectantes aprobados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

El Ministerio de Salud exigirá cada tres años el análisis completo de los parámetros, con el objeto de verificar que estos se encuentren siempre bajo los límites máximos permisibles.

6. APENDICE

6.1 DOCUMENTO DE REFERENCIA

Guía para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud, Tercera Edición

7. NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Informe sobre la Consultoría en Normas de Calidad de Agua y Vertidos.
Proyectos: ELS/85/006-PNUD, ELS/CWS-050/PD-OPS/OMS (1987)
“Suministros e Agua Potable y Saneamiento a Poblaciones Afectadas”.
Miguel Angel Arcienaga.

APHA-AWWA-WPCF. Standard Methods for the examination of water and waste water 15
th, Publication Official Health Association.
Norma de Agua Potable, CAPRE.
Norma de Agua Potable, CANADA.
Norma de Agua Potable, CEE.
Agua Potable Especificaciones (1975) CDU 663.6 Normas Obligatorias, Junio 1989,
COGUANOR N60 29 001. Pag 10, Junio 1984.

Norma de Agua Potable, EPA.
Water and Wastw water Technology. Ed. John Wiley and Sons. NY.
M.J. Hammer.

Agua Potable Especificaciones (1975) CDU 663.6 Norma Centroamericana. Octubre 1985,
ICAITI 29 001

Inland Waters Directorate. Analytical Methods Manual. Water Quality Branch. Environment.
Ottawa (Canadá). 1979.

Normas de Agua Potable. México.
Guías para la Calidad del Agua Potable. OMS Volúmenes 1, 2, y 3. Recomendaciones.
OMS (1995).

Propuesta de Normas de Calidad de Agua para distintos usos. Proyectos: OPS/OMS
U.S. Environmental Protection Agency Office of drinking Water. Fed. Register. Vol. 54 N.97
PP 22062-65.1989

Norma Técnica Colombiana. Agua. Agua Potable 813. Segunda Revision 1994-10-19
Codex Alimentarios , Requisitos generales, segunda edicion, revisada 1999.
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition.
Normas Provinciales de Calidad y Control de Agua para Bebida, Resolucion Di.P.A.S
608/93,

8. VIGILANCIA Y VERIFICACION

Corresponde la vigilancia y verificación de esta norma al Ministerio de Salud. La observancia y cumplimiento de la norma corresponde a todas las empresas e instituciones públicas y privadas, y en general todas aquellas cuya función sea abastecer o comercializar por cualquier medio, agua a la población salvadoreña.

Gradualidad

“Si a la fecha que entre en vigencia la segunda actualización de esta norma, los operadores que no cumplan con cualesquiera de los parámetros de las tablas 2 y 3 , podrán adecuarse ante el Ministerio de Salud, la cual se llevara a cabo mediante un plan de adecuación propuesto por el interesado, que será analizado y aprobado por el MINSAL; plan que tendrá un plazo máximo de dos años , contados a partir de la entrega de la resolución favorable .

Para aquellos parámetros no contemplados en las tablas 2 y 3 , y que generen riesgos a la salud, el MINSAL resolverá al operador solicitante sobre:

- 1) La factibilidad de un plan de adecuación especial
- 2) Las medidas de mitigación.
- 3) Cierre de la fuente.

ANEXO A (Normativo)

Tabla 14 Análisis físico químicos

Parámetro	Métodos Analíticos
Aluminio	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo ¹⁾ Colorimétrico
Antimonio	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo
Arsénico	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo ¹⁾ Colorimétrico
Bario	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo ¹⁾ Colorimétrico
Boro	Plasma acoplado inductivo ¹⁾ Colorimétrico
Cadmio	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo ¹⁾ Colorimétrico
Cloro	residual Volumétrico ¹⁾ Colorimétrico
Cobre	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo ¹⁾ Colorimétrico

Cianuros	Volumétrico 1) Colorimétrico Electrodo de Ion selectivo
Cromo	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico
Dureza Total	Volumétrico Absorción atómica (Por cálculo)
Fluoruro	Electrodo de Ion selectivo Absorción atómica 1) Colorimétrico
Hierro Total	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico
Manganeso	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico
Mercurio	Absorción atómica 1) Colorimétrico
Molibdeno	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico
Nitratos	1) Colorimétrico Electrodo de Ion selectivo Cromatográfico
Nitritos	1) Colorimétrico Cromatográfico 2)
Níquel	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico
Plata	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico
Plomo	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico
Selenio	Absorción atómica 1) Colorimétrico
Sodio	Absorción atómica Emisión atómica Electrodo de ión selectivo Plasma acoplado inductivo

Sulfatos	Cromatográficos Gravimétrico Nefelométrico 1) Colorimétrico Plasma acoplado inductivo
----------	---

Tabla 14
Métodos para análisis físico químico

Sólidos Totales Disueltos	Gravimétrico Conductivimétrico
Turbidez	Nefelométrico
pH	Potenciométrico 1) Colorimétrico
Zinc	Absorción atómica Plasma acoplado inductivo 1) Colorimétrico

1) El método analítico colorimétrico se refiere a metodologías espectrofotométricas y/o de Comparación visual.

ANEXO B (Normativo)
Tabla 15 Análisis microbiológicos

<i>Escherichia coli</i>	Tubos múltiples Filtración con membrana 1)P / A
Bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	Filtración por membrana Placa vertida
Coliformes fecales	Tubos múltiples Filtración con membrana 1)P / A
Coliformes totales	Tubos múltiples Filtración con membrana 1)P / A

1)P / A método presencia ausencia

ANEXO C (Normativo)
Tabla 16 Componentes orgánicos y subproductos de la desinfección

Parámetro	Métodos analíticos
Aceites y grasas	Gravimetría 1)Colorimétrico Espectrofotométrico IR
Acido Nitrilo Triacético (ATN)	Cromatográfico
Plaguicidas Organoclorados	Cromatográfico
Plaguicidas Organofosforados	Cromatográfico
Plaguicidas Carbamatos	Cromatográfico
Subproductos de la Desinfeccion	Cromatografico

ANEXO D (Normativo)

Tabla 17 Recipientes para muestreo y preservación de muestras

Parámetros	Recipientes	Preservantes	Tiempo de almacenamiento recomendado/obligado	Volumen mínimo de muestra (ml)
Acido nitrilotriacético (ATN)	Polietileno-Vidrio	5 ml. HCl Conc. Muestra tratado con 0.5 de sol. de formaldehído al 37 %, filtrar usando membrana filtrante de 0.45 micras.	24 Horas	1,000
Aceites y grasas	Vidrio-Calibrado boca ancha	Enfriar, a 4 °C con 5 ml(1:1) H2SO4/1 a pH < 2	24 Horas	1,000
Aluminio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Antimonio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Arsénico	Polietileno(A)-Vidrio(A)	Enfriar a 4°C	6 meses	1,000
Bario	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Boro	Polietileno	Enfriar a 4 °C	6 meses	100
Cadmio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Cianuros	Polietileno-Vidrio(A)	1 ml. NaOH a pH < 12 refrigerar en la oscuridad	24 Horas si hay sulfuro / 14 días	500
Cloro residual	Polietileno-Vidrio	Analizar inmediatamente	0.5 horas / inmediato	500
Cobre	Polietileno(A)	Cobre disuelto filtrar. 2 ml. Con. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	500
Color Verdadero	Polietileno-Vidrio	Enfriar a 4 °C	48 horas	500
Cromo VI	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Dureza	Polietileno-Vidrio	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	100
Fluoruro	Polietileno	Ninguno	28 días	300
Hierro Total	Polietileno-Vidrio	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Manganeso	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Mercurio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	HNO3 a pH < 2, enfriar a 4 °C	28 días	1,000
Molibdeno	Polietileno	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2 enfriar a 4 °C	7 días	1,000
Níquel	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Nitrato	Polietileno-Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4 °C	48 horas (28 días para muestras cloradas)	1,000
Nitrito	Polietileno-Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4° C	Ninguno / 28 días	100
Mercurio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	HNO3 a pH < 2, enfriar a 4 °C	28 días	1,000
Molibdeno	Polietileno	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2 enfriar a 4 °C	7 días	1,000
Níquel	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO3/1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Nitrato	Polietileno-Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4°C	48 horas (28 días para muestras cloradas)	1,000
Nitrito	Polietileno-Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4°C	Ninguno / 28 días	100
Plaguicidas organoclorado	Vidrio	Enfriar a 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	2,500
Plaguicidas organofosforado	Vidrio	Enfriar a 4 °C	48 horas	1,000

Plaguicidas carbamatos	Vidrio	Enfriar a 4 °C	48 horas	1,000
Plata	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Plomo	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Selenio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	Enfriar a 4 °C	6 meses	1,000
Sodio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	500
Sulfatos	Polietileno-Vidrio	Enfriar a 4 °C	7 días	250
Turbidez	Polietileno	Enfriar a 4 °C	7 días	500
Temperatura	-	Analizar inmediatamente	Determinar en sitio de muestreo	500
STD Total de Sólidos disueltos	Polietileno, Vidrio	Enfriar a 4 °C	7 días	1,000
Sustancias orgánicas	Vidrio	Enfriar a 4 °C	Analizar inmediatamente	1,000
Desinfectantes y subproductos de deinfección	Vidrio	Enfriar a 4 °C	Analizar inmediatamente	1,000
Cloro residual	Polietileno, Vidrio	Analizar inmediatamente	0.5 Horas	500
Radionúclidos	Vidrio	-	-	1,000
Pruebas microbiológicas	Polietileno-Vidrio	Enfriar a 4 °C	No exceder de 6 Horas	200
Manganeso	Polietileno(A)-Vidrio (A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH <	2 6 meses	1,000

(A) = Lavado con HNO₃ 1+1

--FIN DE NORMA--

Ministerio de Salud





Anexo 6 sectores : Tamarindo Centro, La Guacamaya y La Ciénaga



Anexo 7 pHMetro ACUMET AB 15 Fisher Scientific

El equipo consta de un electrodo de referencia, un electrodo indicador, un dispositivo para medir el potencial



Anexo 8 Conductivímetro

Puede medir tanto la conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ o bien en ppm (mg/l campo de medición TDS), como la salinidad (NaCl) en % y la temperatura. En el conductivímetro todos los valores de medición pueden ser representados con compensación automática o manual de temperatura



Anexo 9 Turbidímetro

Es un instrumento nefelométrico que mide la turbidez causada por partículas suspendidas en un líquido. Haciendo pasar un rayo de luz a través de la muestra se mide la luz reflejada por las partículas en un ángulo de 90° con respecto al rayo incidente. Las lecturas se dan en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez)



Anexo 10 Espectrofotómetro también llamado Colorímetro

Espectrofotómetro de un solo haz, que operan en el intervalo de 190 a 800 nm.



Anexo 11 Fotómetro

Consta de una fuente, un filtro y un detector fotoeléctrico, además de un procesador de señales y un sistema de lectura.



F - 09

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

CODIGO N° 10-12		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: GUILLERMO MOYA. URBANIZACION ESPAÑA, POLIGONO 10 PASAJE 3 SUR, CASA # 14. SAN MIGUEL.				Pág. 2 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE NACIMIENTO.			N° DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL TAMARINDO, CANTON LAS DELICIAS. MUNICIPIO SAN MIGUEL.				
Fecha de elaboración del informe: LUNES 10 DE ABRIL DE 2012.				
Fecha de recepción de muestra: 23 DE MARZO DE 2012.			Fecha de Análisis: DEL 27 AL 29 DE MARZO DE 2012	
Método de Análisis: FOTOMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
MERCURIO	10-12-02	CIENAGA MUESTRA 2	0.180 mg/L	0.001 mg/L
PLOMO			0.11 mg/L	0.01 mg/L
Observaciones: 2. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

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

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

FECHA DE ENTREGA: 24 APR 2012

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

Licda. Rosa Mirian Rivas Larín
Analista

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

act

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



F - 09

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

CODIGO Nº 10-12		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: GUILLERMO MOYA. URBANIZACION ESPAÑA, POLIGONO 10 PASAJE 3 SUR, CASA # 14. SAN MIGUEL.				Pág. 3 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE NACIMIENTO.			Nº DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL TAMARINDO, CANTON LAS DELICIAS. MUNICIPIO SAN MIGUEL.				
Fecha de elaboración del informe: LUNES 10 DE ABRIL DE 2012.				
Fecha de recepción de muestra: 23 DE MARZO DE 2012.			Fecha de Análisis: DEL 27 AL 29 DE MARZO DE 2012	
Método de Análisis: FOTOMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
MERCURIO	10-12-03	GUACAMAYA MUESTRA 3	0.197 mg/L	0.001 mg/L
PLOMO			0.16 mg/L	0.01 mg/L
Observaciones: 3. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

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

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

FECHA DE ENTREGA: 24 APR 2012

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

Licda. Rosa Mirian Rivas Larín
Analista

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

aet*

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



F - 09

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

CODIGO Nº 10-12		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: GUILLERMO MOYA. URBANIZACION ESPAÑA, POLIGONO 10 PASAJE 3 SUR, CASA # 14. SAN MIGUEL.				Pág. 1 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE NACIMIENTO.			Nº DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL TAMARINDO, CANTON LAS DELICIAS. MUNICIPIO SAN MIGUEL.				
Fecha de elaboración del informe: LUNES 10 DE ABRIL DE 2012.				
Fecha de recepción de muestra: 23 DE MARZO DE 2012.			Fecha de Análisis: DEL 27 AL 29 DE MARZO DE 2012	
Método de Análisis: FOTOMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
MERCURIO	10-12-01	EL TAMARINDO CENTRO	0.247 mg/L	0.001 mg/L
PLOMO			0.08 mg/L	0.01 mg/L
Observaciones:				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

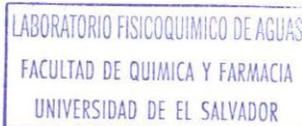
Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

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

FECHA DE ENTREGA: 24 APR 2012

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

Licda. Rosa Mirian Rivas Larín
Analista



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



F - 09

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

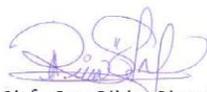
CODIGO N° 10-12		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: GUILLERMO MOYA. URBANIZACION ESPAÑA, POLIGONO 10 PASAJE 3 SUR, CASA # 14. SAN MIGUEL.				Pág. 4 de 4
Descripción de muestra: AGUA DE NACIMIENTO.			N° DE MUESTRAS: 4	
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL TAMARINDO, CANTON LAS DELICIAS. MUNICIPIO SAN MIGUEL.				
Fecha de elaboración del informe: LUNES 10 DE ABRIL DE 2012.				
Fecha de recepción de muestra: 23 DE MARZO DE 2012.			Fecha de Análisis: DEL 27 AL 29 DE MARZO DE 2012	
Método de Análisis: FOTOMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
MERCURIO	10-12-04	MUESTRA 4 TESTING	0.198 mg/L	0.001 mg/L
PLOMO			0.32 mg/L	0.01 mg/L
Observaciones: 4. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

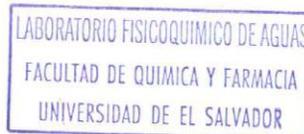
Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

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

FECHA DE ENTREGA: 24 APR 2012

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


Licda. Rosa Mirian Rivas Carín
Analista



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



F - 09

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

CODIGO Nº 19-12		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: GUILLERMO MOYA. FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE. SAN MIGUEL.				Pág. 1 de 1
Descripción de muestra: AGUA DE MANANTIAL.			Nº DE MUESTRAS: 1	
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL TAMARINDO, CANTON LAS DELICIAS. SAN MIGUEL.				
Fecha de elaboración del informe: MIERCOLES, 06 DE JUNIO DE 2012.				
Fecha de recepción de muestra: 31 DE MAYO DE 2012.			Fecha de Análisis: DEL 31/05/2012 AL 06/06/2012	
Método de Análisis: FOTOMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ARSENICO	19-12	-----	No Detectado	0.01 mg/L
CADMIO			No Detectado	0.003 mg/L
Observaciones:				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

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

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

FECHA DE ENTREGA: 14 JUN 2012

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

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefa del Laboratorio Físicoquímico de Aguas

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Analista

act*

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