

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



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR EFECTO DE LA  
ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LOS POZOS DEL MUNICIPIO DE NUEVA GUADALUPE,  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL. AÑO 2014.**

**PRESENTADO POR:**

**VIRGINIA ELIZABETH SALGADO MAJANO  
LUIS ALFREDO VILLATORO BOLAINÉZ**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**LIC. RENE SEGOVIA CALDERÓN**

**ASESOR METODOLÓGICO:**

**LIC. ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, SEPTIEMBRE DE 2014**

**SAN MIGUEL**

**EL SALVADOR**

**CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**AUTORIDADES**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**RECTOR**

MS.D ANA MARIA GLOWER DE ALVARADO

**VICE-RECTORA ACADEMICA**

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

**SECRETARIA GENERAL**

LIC. FRANCISCO CRUZ LETONA

**FISCAL GENERAL**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**AUTORIDADES**

LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENITEZ

**DECANO**

LIC. CARLOS ALEXANDER DIAZ

**VICE-DECANO**

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNANDEZ

**SECRETARIO**

MEST. JOSE ENRY GARCÍA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO**

LIC. PEDRO ULISES NAVARRO

**COORDINADOR DE LA SECCIÓN DE QUÍMICA**

## ÍNDICE

Contenido	pág.
Agradecimientos.....	v
Índice de cuadros y gráficos.....	ix
Introducción.....	x
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	12
1.1 Antecedentes del fenómeno.....	12
1.2 Situación problemática.....	14
1.3 Enunciado del problema.....	16
1.4 Alcance.....	16
1.5 Limitaciones.....	17
1.6 Justificación.....	17
1.7 Objetivos del estudio.....	18
Capitulo II: Marco teórico.....	20
2.1 El agua: una perspectiva global.....	20
2.1.1 Propiedades del agua (organolépticas del agua).....	20
2.1.2 Ciclo del agua.....	22
2.1.3 Distribución global del agua .....	23
2.2 Composición química del agua.....	24
2.2.1 Procesos químicos en el agua.....	25
2.3 Tipos de aguas naturales.....	25
2.4 Hidrología: Generalidades.....	27
2.5 Agua subterránea en El Salvador.....	28

2.5.1 Degradación de aguas subterráneas en El Salvador.....	28
2.5.2 Contaminación del agua y tipos de contaminantes.....	30
2.5.3 Contaminación por elementos químicos.....	31
2.6 Propiedades físicas.....	37
2.7 Contaminación bacteriológica del agua.....	37
2.7.1 Requerimiento de temperatura.....	39
2.7.1.1 Requerimiento de humedad.....	39
2.8 Contaminación por erupción volcánica.....	40
2.8.1 Materiales expulsados durante la erupción volcánica.....	41
2.8.2 Flujos piroclásticos.....	45
Capítulo III: Hipótesis del estudio.....	47
3.1 Sistema de hipótesis.....	47
3.2 Operacionalización de variables.....	49
Capítulo IV: Diseño Metodológico.....	51
4.1 Tipo de estudio.....	51
4.2 Diseño de estudio.....	52
4.3 Población y muestra.....	52
4.4 Ubicación geográfica.....	52
4.5 Puntos de muestreo: Criterios de inclusión.....	53
4.6 Metodología de campo.....	53
4.6.1 Metodología de laboratorio.....	54
4.7 Tiempo de estudio.....	56
4.8 Contaminantes medidos.....	56

4.9 Fase experimental: parámetros en estudio.....	56
4.9.1 Parámetro físico químico.....	56
4.9.2 Método de análisis.....	57
4.9.2.1 Método de absorción atómica.....	57
4.9.3 Condiciones de Operacionalizacion del método.....	61
4.9.4 Método Turbidimetrico.....	62
4.9.5 Método Argentométrico.....	63
4.9.6 Método de Placas Petrifilm.....	63
4.9.6.1 Método de Placas Petrifilm para el recuento de Eschericha Coli...64	
4.9.6.2 Organismos indicadores y prueba de Coliformes Totales.....64	
4.9.6.3 Organismos patógenos transmitidos por el agua.....65	
Capítulo V: Resultados obtenidos en el estudio.....	66
5.1 Diagnostico del estudio .....	66
5.2 Presentación de resultados.....	67
5.3 Descripción de técnica estadística aplicada.....	73
5.4 Análisis e interpretación de resultados.....	74
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	79
6.1 Conclusiones.....	79
6.2 Recomendaciones.....	81
Referencias bibliográficas.....	82
Anexos.....	84

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios todo poderoso por darme las fuerzas necesarias y guiarme para seguir en el camino de luz y sabiduría ya que él es quien me ha confortado siempre para seguir adelante y así poder terminar con solvencia mi carrera.

### **A MIS PADRES**

María Julia Majano

Nicolás Antonio Salgado Aguilar

Por todo su esfuerzo y sacrificio para poder lograr mis metas ya que son el pilar que sostiene mi vida brindándome todo su amor.

### **A MI HIJA Y SU PADRE**

Por ser mi apoyo constante, la razón de mi vida y perseverancia.

### **A MIS HERMANOS**

Por estar en los momentos más difíciles de mi vida y ayudarme a salir adelante.

### **A MIS FAMILIARES**

Por los buenos consejos y buenos deseos.

### **A MIS ABUELOS**

José Luis Aguilar.(Q.E.P.D)

María Eugenia Salgado. (Q.E.P.D)

Por su confianza depositada y su amor incondicional.

### **A MIS AMIGOS**

De la carrera de licenciatura en ciencias químicas por haber sido una parte elemental y por toda clase de apoyo que me han brindado.

### **A MI COMPAÑERO DE TESIS**

Por ser una parte importante en la elaboración de nuestro trabajo de grado.

### **AL LICENCIADO**

Lic. Julio Chávez por su apoyo y colaboración en el trabajo de investigación.

### **A LA ALCALDIA DE NUEVA GUADALUPE**

Por darnos la autorización de hacer el estudio en dicho municipio.

### **A MIS ASESORES DE LA TESIS**

Lic. Abel Martínez.

Lic. Rene Segovia calderón.

Por su apoyo, colaboración y acertada orientación en la elaboración del trabajo de grado.

### **A TODOS LOS DOCENTES DE QUIMICA.**

Por ser una parte clave y fundamental en mi formación profesional.

**Virginia Elizabeth Salgado Majano**

## DEDICATORIAS

### **A MI DIOS TODO PODEROSO:**

Por regalarme la vida y estar siempre a mi lado, dándome sabiduría, fuerza y esperanza para alcanzar este sueño. He podido culminar con éxito mi carrera y obtener este título.

### **A MIS PADRES:**

A mi padre Juan Alberto Villatoro y mi madre Imelda Marina de Villatoro gracias es una palabra que se queda muy corta para poder decirles lo mucho que les agradezco, por darme la vida, por su apoyo incondicional para triunfar en esta etapa de mi vida.

### **A MIS ABUELITOS:**

María Juana Ríos y Hernán Villatoro Villatoro (Q.D.D.G) por haberme ayudado en toda mi vida, económica, moral y espiritual para lograr este título que en especial va para ti.

### **A MIS HERMANOS:**

Josué y Robert, por su comprensión y apoyo.

### **A MIS DEMAS FAMILIARES:**

Por su apoyo, comprensión y aprecio.

### **A MIS ASESORES DE TESIS:**

Lic. Abel Martínez López y Lic. Rene Segovia Calderón. Gracias por ese apoyo y la buena disponibilidad de mi formación como profesional.

### **A MIS DOCENTES:**

Por la enseñanza, consejos, paciencia, sabiduría y su aporte en todo el transcurso de mi formación académica.

### **A MI COMPAÑERA DE TESIS:**

Por la comprensión en los momentos más difíciles que se nos presentaron en este proyecto y a pesar de las dificultades que pasamos con la ayuda de Dios salimos adelante. Por infundir en mi ese camino que inicio con toda la responsabilidad que presenta el término en mi carrera profesional con admiración y cariño.

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:**

Por sus palabras de aliento y motivación. Gracias por siempre.

A todos y cada uno de ustedes GRACIAS ya que sin ustedes esto no sería realidad.

**Luis Alfredo Villatoro Bolainez.**

## ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

Contenido	Pág.
<b>Gráfico 1.</b> Valores de la temperatura en las muestras del estudio.....	67
<b>Gráfico 2.</b> Valores del pH en las muestras en estudio.....	68
<b>Tabla 1.</b> Estadísticos referentes a los análisis realizados en los pozos en estudio (análisis físico y químico).....	70
<b>Gráfico 3.</b> Bacterias determinadas mediante el análisis bacteriológico realizado a las muestras de agua tomadas de los pozos en estudio.....	72

## INTRODUCCIÓN.

En nuestro país existen comunidades que habitan en los flancos de los volcanes y que no cuentan con servicios de agua potable. Estas reciben el suministro por medio de agua subterránea extraída de pozos perforados en el subsuelo, los cuales son llamados pozos industriales.

Los pozos excavados pocos profundos, llamados artesanales, difícilmente escapan a la contaminación biológica producida a la infiltración de microorganismo y bacterias provenientes del suelo. El consumo de agua extraída de estos suele producir enfermedades, en general de tipo gastrointestinal, constituyendo una amenaza para la salud de las personas. Los pozos más profundos llamados “industriales” suelen estar libre de contaminantes biológicos, pero se efectuaran análisis bacteriológico a las muestras como prueba práctica confirmatoria de lo que se está exponiendo. Pero no están libre de contener algunos minerales que existen en el subsuelo que pueden adquirirse mediante una erupción volcánica por medio de gases que quedan encerrados .

Un pozo de agua “subterránea”, no es más que un agujero en la corteza terrestre, que se perfora de tal modo que a cierta profundidad se alcanza una capa de material que contiene agua. Esta agua naturalmente no es “pura”, porque contienen minerales en suspensión provenientes de las rocas de esa capa, debido a que se encuentran en equilibrio termodinámico con su ambiente natural.

Según lo mencionado anteriormente, en las zonas donde hay volcanes tanto en nuestro país como en otros, los sistemas hidrotermales de los volcanes, o sea, los sitios y procesos de generación de fluidos en la zona de influencia de un volcán, son los proveedores de los mantos acuíferos en esas regiones; también deberían

saber que la variación química de las aguas de los pozos artesanales e industriales en esa zona. Es algo muy normal debido a la transferencia de gases a las cámaras magmáticas de los volcanes hacia los mantos acuíferos. Es justamente por ello que, esta variación química se usa como un parámetro de investigación y monitoreo volcánico en estas regiones siendo realizado por el Instituto de Vulcanología de la Universidad de El Salvador en nuestro país.

Con lo dicho sobre los pozos hídricos, se hace bien en suponer que las instituciones que proveen agua potable en todo el mundo y en nuestro país, deben tener sistema de tratamiento de las aguas de los pozos industriales para consumo humano, envasadas o municipales, cuyo propósito es eliminar los minerales nocivos además de los contaminantes biológicos. Sin embargo deben aceptar que es bastante conocida la relación de los contaminantes biológicos del agua de los pozos con las excretas de origen humano y animal, pero no en lo referente a los minerales nocivos.

La presente investigación tiene como finalidad estudiar las aguas subterráneas y su comportamiento después de una actividad volcánica, con el propósito de conocer posibles alteraciones microbiológicas y sustancias que pueden alterar la calidad de agua de consumo del municipio de Nueva Guadalupe Departamento de San Miguel en el primer trimestre del año 2014. Mediante los métodos de absorción atómica, turbidimétrico, argentométrico, placas petrifilm y tubos de fermentación múltiple. Los resultados serán evaluados mediante la técnica estadística "t student"

# CAPÍTULO I:

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

### 1.1 ANTECEDENTES DEL FENÓMENO

El salvador está situado en una zona volcánica de mucha actividad sísmica. Las actividades volcánicas más recientes en El salvador son: en el 2005, el volcán llamatepec ubicado en la ciudad de Santa Ana y el 29 de diciembre del año 2013 el Volcán Chaparrastique, en ellas se emanaron toneladas de partículas al aire tras sufrir una erupción.<sup>1</sup>

En estas erupciones, los volcanes emanan al aire partículas sólidas, gases, y otros componentes químicos como metales pesados: *Mercurio y Plomo*, entre otros, y gases, que no pueden salir a la superficie y quedan encerrados, estos se pueden filtrar en el suelo hasta llegar a las aguas subterráneas y de esta manera contaminarlas. Las contaminaciones producen en las personas que consumen estas aguas enfermedades como el cáncer y problemas renales.

El domingo 29 de diciembre del 2013 hubo un escape de gases extraordinario y aunque no son enormes las cantidades de los gases y partículas en el agua, no es recomendable que las personas la consuman, pues podrían sufrir daños en su salud. Según las investigaciones de la Universidad de El Salvador, quien permanentemente analiza el agua y los gases en estaciones cercanas al volcán. La cámara magmática del volcán está constantemente en actividad y produce

burbujas de gases que suben a los mantos acuíferos y las aguas se contaminan con mayor cantidad de elementos químicos que salen, entre ellos sulfatos y cloruros.

A partir de los datos de los investigadores de la Universidad, que utilizan una máquina especializada similar a un escáner y única en Latinoamérica, el volcán está emitiendo entre 1200 a 1600 toneladas diarias de dióxido de azufre, que es mayor a cuando no está en actividad, tiempo en el que produce de 15 a 500 toneladas.

Instituciones del estado como la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA, verificaron en 31 pozos, ubicados alrededor de las faldas del volcán y no encontraron variaciones, comparadas con las antes del evento, que indiquen riesgo sanitario. Por el momento, no han determinado un cambio químico en la calidad del agua.

Los investigadores del instituto de vulcanología de la Universidad de El Salvador (UES) recomiendan que las personas que residen en las zonas aledañas al volcán Chaparrastique, en San Miguel, no consuman agua proveniente de pozos debido a que puede estar contaminada tras la erupción. El agua es capaz de incorporar gran cantidad de sustancias al estar en contacto con los terrenos por los cuales circula. Y en el caso de las aguas subterráneas tienen una mayor oportunidad de disolver materiales por las mayores superficies de contacto, lentas velocidades de circulación, mayor presión y temperatura a las que están sometidas y facilidad de disolver el Dióxido de carbono no saturado. Por ello, sus concentraciones salinas son superiores a las de las aguas superficiales en general.<sup>2</sup>

El municipio de Nueva Guadalupe departamento de San Miguel es uno de los tantos municipios que se han visto afectados por la erupción del volcán Chaparrastique y es por ello que se vió la necesidad de hacer un estudio de la calidad de las aguas subterráneas en los pozos de este municipio. Los habitantes han manifestado, mediante un diagnóstico realizado, que el agua ha sufrido alteraciones en sus propiedades: tales como color, olor, sabor y temperatura, el agua después de la erupción es diferente.

En vista de tal necesidad, como estudiantes egresados de la carrera de Licenciatura en Ciencias Químicas de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, decidimos : Trabajar en la resolución de dicha problemática con la finalidad de contribuir a mejorar la calidad de agua de consumo. Realizando un estudio del agua del municipio de Nueva Guadalupe que comprende: Análisis Físico, Químico y Bacteriológico del agua.

## **1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

El agua es un líquido esencial para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. A pesar de ello, el agua de consumo es un bien que empieza a ser escaso, debido al aumento creciente de la población mundial y a la relativamente poca disponibilidad en este preciado líquido. En este sentido, el agua dulce esta, fundamentalmente concentrada en lagos, ríos y lagunas, en una proporción que no llega al 0.5% del agua total presente en la biósfera.

Esto hace que la disponibilidad de agua potable se reduzca y que se tengan que recurrir a costosos métodos de tratamiento para extraer los residuos y evitar daños indirectos en la salud y en el ecosistema. Un caso es que se da en El Salvador

donde la mayor parte de la población no cuenta con un servicio de agua potable adecuado por los altos costo que estos ocasionan, por lo que se ven obligados a extraer el agua por medio de perforaciones artesanales y/o industriales; y que la mayoría de municipios extraen el agua a través de esta vía con o sin tratamiento físico-químico.

El municipio de Nueva Guadalupe es uno de los 20 municipios pertenecientes al departamento de San Miguel. Está localizado aproximadamente a 120 kilómetros al este de la capital, y a 21.8 kilómetros de la cabecera departamental. Limita al norte con Lolotique; al oeste con San Buenaventura y Jucuapa (departamento de Usulután); al sur con Chinameca; y al este con Moncagua. Se abastece de agua para consumo humano mediante pozos industriales uno con una profundidad de 85 metros y el otro 110 metros.

Debido a la falta de un estudio de la calidad de agua subterránea que permita determinar la concentración de ciertos elementos de sustancias químicas y la presencia de materiales biológicos en el agua que pueden sufrir alteraciones por la interacción de la cámara magmática con el manto acuífero durante la erupción del volcán Chaparrastique en los pozos industriales. se hace necesario realizar una investigación para determinar propiedades físicas, elementos químicos y contaminantes microbiológicos.

En la presente investigación realizada los análisis correspondientes mediante los métodos antes mencionados se comparara con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable.

Los resultados obtenidos en el presente estudio se darán a conocer a la Alcaldía Municipal para que esta institución le dé seguimiento al estudio de la calidad del agua.

### **1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

De lo descrito anteriormente se deduce la siguiente pregunta de investigación:  
*¿Cuál es la calidad del agua subterránea después de la actividad volcánica en los pozos industriales del municipio de Nueva Guadalupe, departamento de San Miguel, durante el periodo de Enero a Julio de 2014?.*

### **1.4 ALCANCE**

En esta investigación solo se tomará en cuenta los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua de los pozos industriales del Municipio de Nueva Guadalupe y se considerará la sugerencia que aporten los miembros de la comunidad a través de las encuestas que serán de apoyo de la investigación.

La población perteneciente al municipio de Nueva Guadalupe se beneficiará al realizar un estudio de la calidad de agua para verificar el estado en que se encuentra y si está apta para el consumo humano.

Apoyar con el estudio a la Alcaldía municipal quienes se encargaran del control de los pozos industriales.

## **1.5 LIMITACIONES**

La falta de participación de algunos habitantes de la comunidad a la hora de aplicar el instrumento y se observó poca disponibilidad para facilitar la información solicitada.

El estudio se hizo en tres metales por falta de recurso, debido a que la facultad carece de equipos, reactivos químicos especiales para este estudio; por lo que nos vimos en la necesidad de hacer los análisis en el Laboratorio de Servicios analíticos de la Fundación Salvadoreña para investigaciones de café PROCAFE.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Como sabemos el agua se puede contaminar de diferentes formas, entre ellas: el aumento de la población es una de las causas del paralelo incremento de la contaminación, ya que el agua de los abastecimientos públicos utilizada para fines domésticos y consumo humano supone la evacuación prácticamente del mismo volumen, pero con sus características alteradas.

Para el consumo debe cumplir algunas condiciones: ser limpia inodora, incolora y no contener químicos en su composición. La contaminación del agua se puede dar por diferentes factores, antropogénicos como: verter o introducir sustancias o propiedades extrañas al agua y por efectos de fenómenos naturales como las erupciones volcánicas. Un agua polucionada es la que ha recibido propiedades o sustancias extrañas (incluyendo cambios de temperatura), por lo tanto está no es apta para el consumo humano.

Mediante esta investigación se pretende estudiar la calidad de agua de los pozos industriales tras un movimiento volcánico. El estudio contempla análisis Físico-

Químico y Bacteriológico, cuyos resultados servirán para garantizar la calidad del agua a los habitantes de este municipio después de la actividad volcánica.

Con este estudio se beneficiarán aproximadamente 8905 habitantes según censo año 2007 del municipio de Nueva Guadalupe departamento de San Miguel.

## **1.7 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la calidad de agua subterránea de los pozos industriales, después de la actividad volcánica en el municipio de Nueva Guadalupe, Departamento de San Miguel, mediante métodos analíticos.

### **1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Efectuar Análisis Físico (parámetros pH y Temperatura) en muestras de agua de los pozos industriales del municipio de Nueva Guadalupe.
- Desarrollar el Análisis Bacteriológico en muestras de agua de pozo para determinar la presencia o ausencia de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli, Mediante el método de Tubos de fermentación múltiple.
- Determinar la concentración de los elementos químicos Arsénico, Mercurio y Plomo, y las especies Cloruros y Sulfatos en muestras de agua de pozo por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito, Método Argentométrico y Turbidimétrico.

- Comparar los resultados obtenidos del análisis Físico-Químico y Bacteriológico con los valores establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

# CAPITULO II:

## MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 EL AGUA: UNA PERSPECTIVA GLOBAL

El agua es una de las sustancias 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 humanas. Hace alrededor de 150 años que se comprobó definitivamente que la transmisión de algunas enfermedades es a través del agua. Durante muchos años la consideración más importante fue la creación de suministro de agua, el agua es importante para la vida ya que constituye el principal componente del protoplasma celular y representa los dos tercios del peso total del hombre y hasta nueve décimas partes del peso de los vegetales. Vivimos literalmente en un mundo de agua. Todos los organismos vivos dependemos de forma absoluta del agua. Las reacciones bioquímicas producidas en cada célula tienen lugar en medio acuoso, y es el medio de transporte de los nutrientes requeridos por la célula y de los productos de desechos excretados por la misma.<sup>3</sup>

#### 2.1.1 PROPIEDADES DEL AGUA

La temperatura del agua en medio natural puede encontrarse entre cero y el punto de ebullición, aunque normalmente suele estar comprendida entre cero y 30°C.

El valor de la temperatura depende de muchos factores, por ejemplo:

El clima, la temperatura del aire, la altitud, la estación del año, el flujo, la profundidad y descargas al medio. Por otra parte la temperatura del agua subterránea presenta pocas oscilaciones estacionales dependiendo de la profundidad del suelo que se considere, así para suelos pocos permeables desaparece la influencia de la temperatura atmosférica a los pocos metros de profundidad.

Normalmente la temperatura de las aguas subterráneas está comprendida entre 5 y 13°C aumentando con la profundidad. Se denomina grado geotérmico a la profundidad que es necesario descender para obtener un aumento de la temperatura del agua de 1°C. Por término medio, el grado geotérmico es de 33m aunque normalmente oscila entre 15 y 50m. Se denomina aguas termales a aquellas cuya temperatura en el punto de emergencia es superior a 25°C.<sup>3</sup>

Las propiedades organolépticas son: Sabor, Olor, Color y Turbidez, Conductividad eléctrica.

**Propiedades físicas del agua:**

- 1) Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- 2) Color: incolora
- 3) Sabor: insípida
- 4) Olor: inodoro
- 5) Densidad: 1 g./c.c. a 4°C
- 6) Punto de congelación: 0°C
- 7) Punto de ebullición: 100°C

- 8) Presión crítica: 217,5 atm.
- 9) Temperatura crítica: 374°C.

#### **Propiedades químicas del agua:**

- 1) Reacciona con los óxidos ácidos
- 2) Reacciona con los óxidos básicos
- 3) Reacciona con los metales
- 4) Reacciona con los no metales
- 5) Se une en las sales formando hidratos

#### **2.1.2 CICLO DEL AGUA**

La mayor parte de este elemento se encuentra en la superficie terrestre, de la que cubre, aproximadamente, las tres cuartas partes y donde es el componente más abundante. El agua de la Tierra aparece en estado sólido (hielo), gaseoso (vapor en la atmósfera) o líquido (aguas continentales y oceánicas), siendo el único planeta que posee agua en este último estado. En el agua surgió la vida hace alrededor de 3.500 millones de años para luego evolucionar hacia ambientes aéreos. Fases del ciclo del agua:

#### **Evaporación**

Líquido-Gas El sol calienta el agua del mar, de los ríos y de los lagos. Al calentarse, parte de esta agua se evapora y forma: vapor de agua.

## **Condensación**

Gas-Líquido Cuando llega a una altura determinada de la atmósfera el vapor de agua se transforma en pequeñas gotas de agua que suben en el aire y forman las nubes.

## **Precipitación**

Líquido-Líquido Cuando las nubes llegan a las zonas más frías, las gotas de agua se agrupan. Entonces caen en forma de lluvia.

## **Infiltración**

Los torrentes y los ríos recogen al agua de la lluvia o del deshielo de la nieve y la transportan finalmente al mar.

## **Esorrentía superficial**

El suelo absorbe parte de las aguas caídas y forma las aguas subterráneas que avanzan hasta el océano.<sup>2</sup>

### **2.1.3 DISTRIBUCIÓN GLOBAL DEL AGUA**

Anualmente se depositan sobre la tierra 111,000km<sup>3</sup>de agua, de los que 70,000km<sup>3</sup> retornan a la atmosfera mediante proceso de evaporación desde las superficies húmedas y de transpiración desde las plantas; a ambos procesos se les denomina conjuntamente como evapotranspiración. La cantidad restante 41,000km<sup>3</sup> constituye la esorrentía, agua que desemboca finalmente en los

océanos. Si dividiéramos equitativamente la cantidad de agua de escorrentía entre la población mundial considerando la población del 2000 a cada habitante le correspondiera  $6760\text{m}^3$  anuales de agua fresca. Sin embargo en la actualidad esta distribución no resulta equitativa. La pluviosidad es mayor en unos continentes que en otros y las variaciones dentro de un mismo continente son muy grandes <sup>1</sup>

## **2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA**

El agua es un compuesto que está constituido por dos átomos de hidrógeno unidos a un átomo de oxígeno. Los enlaces hidrógeno – oxígeno son covalentes, dado que comparten un par electrónico. Debido a que el oxígeno tiene un carácter no metálico de mayor electronegatividad, el par electrónico de enlace está más cerca de este elemento que del hidrógeno, determinando la polaridad del enlace y la polaridad de la molécula. La estructura de la molécula de agua es angular, y el ángulo de enlace es de  $104,5^\circ$ .

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

1. La presencia de materia orgánica en disolución o en suspensión

Habitualmente la concentración de materia orgánica en las aguas continentales es de algunos miligramos por litro sobrepasando algunas veces los  $50\text{mg/l}$ . La concentración de materia orgánica se suele medir por parámetros globales que no distingue la naturaleza de los distintos puestos orgánicos presentes en el agua. Por ejemplo un parámetro que indica la cantidad de materia orgánica presente es el TOC (carbón orgánico total), este parámetro se obtiene

analizando monóxido de carbono generando por combustión de una muestra de agua, a la que se ha eliminado previamente los compuestos inorgánicos carbonados. Otros parámetros que definen la cantidad de materia orgánica en el agua son la Demanda Química de Oxígeno y el BOD (Demanda de Oxígeno Biológico).

#### 2. La concentración de oxígeno disuelto

El (DO), es el oxígeno que esta disuelto en el agua. Esto se logra por difusión del aire del entorno y como un producto de desecho de la fotosíntesis

#### 3. La concentración de CO<sub>2</sub>

El dióxido de carbono solamente es soluble en agua cuando la presión se mantiene. Cuando la presión desciende intentará escapar al aire, dejando una masa de burbujas de aire en el agua.

#### 4. El proceso de circulación del agua

Este proceso consiste con los distintos compartimientos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico.

### **2.2.1 PROCESOS QUÍMICOS EN EL AGUA**

Las reacciones químicas que ocurren en el medio acuático son fundamentalmente de tres tipos: reacciones de oxidación y reducción, de ácido-base y de complejación. Estos procesos son los que en último término definen la

composición química del agua. En consecuencia se establecen flujos de materia entre los distintos medios naturales y tienen lugar procesos químicos que alteran la composición química del agua.

A continuación se describen las principales especies químicas inorgánicas que se encuentran comúnmente en el agua:

**Especies mayoritarias 1 a 1000ppm:**  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$

**Especies secundarias 0.1 a 10ppm:**  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$

**Especies traza >10-3 ppm:** Be, Bi, Cs, Au, Pt, Ra, Ag, Sn

## 2.3 TIPOS DE AGUAS NATURALES

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

Definiendo cada uno de estos tipos tenemos:

- **Agua atmosférica:** corresponde al agua líquida natural presente en la atmósfera. Esta se concentra prácticamente toda en las nubes, el contenido de agua en las nubes es entre mil y cien mil veces mayor que el contenido en los aerosoles atmosféricos.
- **Agua superficial:** exceptuando el agua marina se puede distinguir tres tipos de agua el agua de escorrentía, la retenida en los reservorios naturales, la retenida en los reservorios naturales o artificiales y el agua de estuario.
- **Agua subterránea:** el agua subterránea se localiza en la zona saturada del subsuelo, es decir, donde todos los poros están llenos de agua. Esta agua

tiene su origen en la infiltración del agua superficial, lo cual hace varié su composición química, enriqueciéndose de elementos minerales y empobreciéndose de materia orgánica. Gracias a ello el agua subterránea, es de gran calidad para el consumo.<sup>5</sup>

## **2.4 HIDROLOGÍA: GENERALIDADES**

La hidrología es la ciencia que trata de las aguas terrestres y se ocupa del estudio del ciclo completo del agua. Desde el momento que esta cae desde la atmósfera a la tierra hasta que desemboca en el mar o vuelve a la atmósfera. El ciclo del agua se desarrolla entres medios distintos: la atmósfera, la superficie del suelo y el subsuelo. Por lo tanto la hidrología comprende dos ramas: Hidrología de superficie y Hidrología subterránea.

La hidrología de superficie son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas.

La hidrología subterránea o hidrogeología puede definirse como “el estudio geológico de las aguas subterráneas”, o bien, aquella parte de la Hidrogeología que estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas subterráneas en el interior de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones, reacciones a la acción antrópica, etc.<sup>6</sup>

## **2.5 AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SALVADOR**

En el Salvador, la zona norte se caracteriza geológicamente por formaciones volcánicas de reducida permeabilidad subterránea que permite depósitos acuíferos. En las zonas intermedias y costeras, existen acuíferos en materiales piroclásticos, sedimentos aluviales y materiales volcánicos cuaternarios. Los acuíferos más conocidos son los correspondientes a las áreas de Quezaltepeque–Opaco(El playón), San Salvador, Santa Ana, Omoa–Singuil, Chalchuapa–Atiquizaya, Sonsonate–Acajutla, Jiboa–Lempa, Lempa–Jiquilisco, Usulután–Vado Marín, San Miguel y Cantora–Olomega, constituyendo un 32% al territorio nacional (6631km<sup>2</sup>).<sup>3</sup>

### **2.5.1 DEGRADACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL SALVADOR.**

Los históricos problemas de la deforestación y erosión, se conjugan ahora con una mayor degradación de las fuentes de agua, lo que se expresa en una menor disponibilidad, en cuanto a calidad y cantidad, de dicho recurso. Estas tendencias sumadas a la herencia del pasado, tienen impactos sumamente negativos. La creciente concentración de población y actividades económicas en las áreas urbanas, por un lado, y la devastación de las áreas rurales, por el otro, generan dinámica de degradación ambiental.<sup>7</sup>

El agua subterránea tiende a ser dulce y potable, pues la circulación subterránea tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos contaminantes. Sin embargo, en ocasiones éstos llegan al acuífero por la actividad humana, como la construcción de fosas sépticas o la agricultura. Por otro lado la contaminación

puede deberse a factores naturales, si los acuíferos son demasiado ricos en sales disueltas o por la erosión natural de ciertas formaciones rocosas.

La contaminación del agua subterránea puede permanecer por largos períodos de tiempo. Esto se debe a la baja tasa de renovación y largo tiempo de residencia, ya que al agua subterránea no se le puede aplicar fácilmente procesos artificiales de depuración como los que se pueden aplicar a los depósitos superficiales, por su difícil acceso. En caso de zonas locales de contaminación se pueden realizar remediación de acuíferos mediante la técnica de *bombeo y tratamiento*, que consiste en extraer agua del acuífero, tratarla químicamente, e inyectarla de vuelta al acuífero.<sup>8</sup>

Entre las causas antropogénicas (originadas por los seres humanos), debidas a la contaminación están la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura. Estos suelen ser una causa grave de contaminación de los suministros en llanuras de elevada productividad agrícola y densa población. Otras fuentes de contaminantes son las descargas de fábricas, los productos agrícolas y los químicos utilizados por las personas en sus hogares y patios. Los contaminantes también pueden provenir de tanques de almacenamiento de agua, pozos sépticos, lugares con desperdicios peligrosos y vertederos. Actualmente, los contaminantes del agua subterránea que más preocupan son: los compuestos orgánicos industriales, como disolventes, pesticidas, pinturas, barnices, o los combustibles como la gasolina.<sup>8</sup>

En cuanto a los abonos químicos minerales, los nitratos son los que generan mayor preocupación. Estos se originan de diferentes fuentes: la aplicación de

fertilizantes, los pozos sépticos que no están funcionando bien, las lagunas de retención de desperdicios sólidos no impermeabilizadas por debajo y la infiltración de aguas residuales o tratadas. El envenenamiento con nitrato es peligroso en los niños. En altos niveles pueden limitar la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, causando asfixia en bebés. En el tubo digestivo el nitrato se reduce produciendo nitritos, que son cancerígenos.<sup>8</sup>

Los niveles altos de nitratos en el agua potable pueden causar una enfermedad potencialmente fatal en los infantes. Esta enfermedad se llama el "síndrome del bebé azul" o metahemoglobinemia. Aunque esta enfermedad puede ocurrir en cualquier edad, el agua contaminada con nitratos principalmente puede causar esta enfermedad en niños menores de seis meses. Los infantes tienen más riesgo de adquirir metahemoglobinemia que los niños mayores y los adultos porque tienen:

Una acidez estomacal más baja, lo que permite el crecimiento de ciertos tipos de bacterias en el estómago y los intestinos. Si se alimenta a un niño con agua contaminada con nitratos, estas bacterias pueden convertir los nitratos en nitritos. Entonces los nitritos cambian la hemoglobina que transporta Oxígeno en metahemoglobina, que no transporta Oxígeno.<sup>9</sup>

## **2.5.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y TIPOS DE CONTAMINANTES**

La contaminación del agua es una modificación de las propiedades físicas, químicas o biológicas que restringe su uso que por lo general es causada directa o

indirectamente por las acciones del ser humano. La contaminación del agua provoca que la misma se vuelva peligrosa tanto para su consumo como para uso en general, ya sea a nivel personal o industrial.

El agua contaminada también resulta peligrosa para el resto de las especies de animales, las plantas y prácticamente todas las formas de vida que dependan de ella. Esta puede ser originada de forma natural o artificial.

El agua puede ser contaminada naturalmente cuando un volcán entra en erupción y deposita sus cenizas en un cuerpo de agua, mientras que la contaminación artificial es la más común de todas y es la causada por la mano del hombre. Debido al desarrollo y a la industrialización del hombre, una cantidad mayor de agua tiende a ser utilizada en distintas actividades industriales.<sup>10</sup>

### **2.5.2.1 CONTAMINACIÓN POR ELEMENTOS QUIMICOS**

Los metales son buenos conductores de la electricidad y, en general, suelen entrar en reacciones químicas actuando como cationes. Los metales son sustancias naturales de origen mineral. Los metales pueden causar graves daños al agua y al medio ambiente. Ejemplos de metales pesados son: Plomo, Zinc, Manganeso, Calcio, Arsénico, Mercurio y Potasio.<sup>11</sup>

#### **1. Plomo**

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El Plomo es un metal pesado (densidad relativa, 11.4 g/ml), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate.

El Plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Este es el porqué de los sistemas de tratamiento de aguas públicas son ahora requeridos llevar a cabo un ajuste de pH en agua que sirve para el uso del agua potable. El Plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano, este puede principalmente hacer daño después de ser ingeridos a través de los alimentos, aire o agua.<sup>12</sup>

Los adultos expuestos al plomo deben tener niveles de este elemento en la sangre por debajo de 40 microgramos/dL.

### **Reacción del Plomo en el agua**

En condiciones normales el Plomo no reacciona con el agua. Sin embargo, cuando el plomo se pone en contacto con aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta. En la superficie del metal se forma una pequeña capa de óxido de plomo (PbO); en presencia de oxígeno y agua, el plomo metálico se convierte en hidróxido de Plomo (Pb(OH)<sub>2</sub>):

$$2\text{Pb(s)} + \text{O}_2\text{(g)} + 2\text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{Pb(OH)}_2\text{(s)}$$

### **2. Arsénico**

El Arsénico puede ser encontrado en ciertos suelos de forma natural. Cuando el Arsénico entra en contacto con el agua subterránea este puede terminar en el agua de nuestro grifo. El Arsénico es un metaloide, lo cual básicamente significa que tiene propiedades de metal y no metal.

El Arsénico puede terminar en el ambiente a través de la producción industrial de Cobre, Plomo y Zinc. Y a través de la aplicación de insecticidas en granjas. Adicionalmente, éste es un ingrediente de preservación de las maderas. La toma de grandes cantidades por largo tiempo en el agua potable que contiene arsénico puede causar problemas en la piel y ciertos cánceres, como el de piel y pulmón.<sup>13</sup>

La OMS ha definido un valor permisible del Arsénico *para la calidad del agua potable* cuya finalidad es servir en el mundo entero de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera. En estos momentos, el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable es de 10 µg/l.

### **3. Mercurio**

El Mercurio es un metal brillante de color blanco plateado que se encuentra en pequeñas cantidades en la corteza de la tierra. A temperatura ambiente, el Mercurio metálico es un líquido inodoro que puede evaporarse lentamente en el aire. Puede combinarse con otros elementos para formar compuestos orgánicos e inorgánicos. El Mercurio tiene una amplia variedad de usos. El mercurio metálico se usa principalmente en termómetros, esfigmomanómetros, interruptores eléctricos, lámparas fluorescentes y empastes dentales.

Los compuestos de mercurio inorgánico (como el cloruro de mercurio) se utilizan en baterías, la manufactura de papel y la industria química.

La Organización Mundial de la Salud, OMS, establece como límites admisibles de Mercurio (en personas que, por su trabajo, no están en contacto con Mercurio o

derivados) los inferiores a 10 mcg/L (microgramos/litro) y 20 mcg/L en sangre y orina (<25 mcg/gr creatinina en orina de 24 horas), respectivamente.<sup>14</sup>

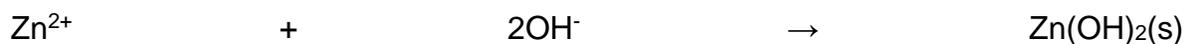
#### 4. Zinc

Elemento químico de símbolo Zn, número atómico 30 y peso atómico 65.37. Es un metal maleable, dúctil y de color gris. Se conocen 15 isótopos, cinco de los cuales son estables y tienen masas atómicas de 64, 66, 67, 68 y 70

El Zinc se presenta de forma natural en el agua. La media de concentración de Zinc presente en el agua de mar es de 0.6-5 ppb. Los ríos contienen generalmente entre 5 y 10 ppb de Zinc. Las algas, entre 20 y 700 ppm, los peces de mar y las conchas 3-25 ppm, las ostras 100- 900 ppm y las langostas 7-50ppm. La Organización Mundial para la Salud, estableció como límite legal: 5 mg Zn<sup>2+</sup>/L.

#### Reacción del Zinc con el agua

El Zinc elemental no reacciona con las moléculas de agua. El catión de Zinc forma una capa protectora e insoluble de Hidróxido de Zinc (Zn(OH)<sub>2</sub>), según la reacción.



El Zinc reacciona con iones H<sup>+</sup> de acuerdo con el siguiente mecanismo de reacción.

$$\text{Zn(s)} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$$

Esta reacción libera hidrógeno, el cual reacciona fuertemente con el oxígeno. Las sales de Zinc causan turbidez cuando están presentes en grandes cantidades en el agua. Adicionalmente, el Zinc añade al agua un sabor desagradable. Esto sucede a partir de concentraciones de 2 mg Zn<sup>2+</sup>/ L.<sup>15</sup>

## **5. Manganese**

Elemento químico, símbolo Mn, de número atómico 25 y peso atómico 54.938. Es uno de los metales de transición del primer periodo largo de la tabla periódica

El Manganese es un elemento reactivo que se combina fácilmente con los iones del agua y el aire. Se encuentra en una serie de minerales de diferentes propiedades químicas y físicas, pero nunca se encuentra como metal libre en la naturaleza.

Los compuestos del manganese existen de forma natural en el ambiente como sólidos en suelos y pequeñas partículas en el agua.

Debido a que forma parte natural del ambiente, se está siempre expuesto a niveles bajos en el agua, el aire, el suelo y los alimentos. Es común que el agua subterránea, el agua potable y el suelo contengan niveles bajos de Manganese. Ingerir agua que contiene manganese nadar o bañarse en agua que contiene puede exponerlo a niveles bajos de esta sustancia.

La OMS ha establecido que la exposición a concentraciones de Manganese de 1 mg/L y 0.3 mg/L.<sup>15</sup>

## 7. Cloruros

Características químicas. Sales en general muy solubles. Muy estable en disolución y muy difícilmente precipitable. No se oxida ni reduce en aguas naturales.

Concentraciones. Entre 10 y 250 ppm en aguas dulces. El agua de mar tiene entre 18000 y 21000 ppm. Las salmueras naturales pueden llegar a tener 220000 ppm (saturación).

Nocividad y toxicidad. Más de 300 ppm comunican sabor salado al agua de bebida, pero no es perjudicial por lo menos hasta algunos miles de ppm. Es esencial para la vida. Contenidos elevados son perjudiciales para muchas plantas y comunican corrosividad al agua.<sup>16</sup>

## 8. Sulfatos

*Características químicas.* Sales moderadamente solubles a muy solubles, excepto las de Sr (60 ppm) y de Ba (2 ppm). Es difícilmente precipitable químicamente ya que las sales solubles de Sr y Ba son muy escasas en la naturaleza, pero puede separarse de la solución por concentración si existe una evaporación importante.

*Concentraciones.* Entre 2 y 150 ppm en aguas dulces pudiendo llegar a 5000 ppm en aguas salinas si existe Ca y hasta 200000 si está asociado a Mg y Na en ciertas salmueras. El agua del mar contiene alrededor de 3000 ppm.

Nocividad y toxicidad. Las aguas selenitosas (elevado contenido en sulfato) no quitan la sed y tienen sabor poco agradable y amargo. Por sí mismo o si va asociado a Mg o Na en cantidades importantes puede contener propiedades

laxantes. En cantidades elevadas puede ser perjudicial a las plantas. Más de algunos centenares de ppm perjudican a la resistencia del hormigón y cemento.<sup>16</sup>

## 2.6 PROPIEDADES FÍSICAS

**a) pH.** Es una medida utilizada por la química para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido.<sup>17</sup>

**b) TEMPERATURA.** Es una medida utilizada por la física y la química, que expresa el nivel de agitación que poseen los átomos de un cuerpo (concepto también aplicable al ambiente, que es un cuerpo gaseoso).<sup>18</sup>

## 2.7 CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA DEL AGUA.

El agua puede contaminarse por diferentes bacterias dentro de ellas tenemos:

- **BACTERIAS PATÓGENAS.** Las características de las bacterias patógenas son el potencial del ser transmisibles, su adherencia a las células del hospedador, la invasión de las células y tejidos del hospedador, su toxigenicidad y su capacidad para evadir el sistema inmunitario, muchas infecciones producidas por bacterias que suelen considerarse patógenas permanecen ocultas o son asintomáticas. La enfermedad ocurre cuando la bacteria o las reacciones inmunitarias que se desencadenan por su presencia dañan suficiente a la persona. Otras bacterias son patógenas solamente para cierto tipo de animales de sangre caliente, y otras solamente tienen características propias de su clase, pero que cuando

pueden entrar al cuerpo de un animal producen sustancias que causan enfermedades, tales como el ántrax o el tétano en el cuerpo del animal invadido, a estas bacterias saprofitas específicas se les llama también patógenas <sup>19</sup>

- **BACTERIAS AEROBIAS.** Todas las bacterias requieren oxígeno para su proceso de crecimiento.

Algunas lo requieren de forma gaseosa elemental, la cual lo obtienen del aire, a tales bacterias se les conoce como aeróbias.<sup>19</sup>

- **BACTERIAS ANAEROBIAS.** Algunas bacterias no pueden vivir en presencia de oxígeno gaseoso libre, si no que tienen que obtener el oxígeno que necesitan para su respiración descomponiendo o destruyendo sustancias complejas a estas bacterias se le conocen como anaerobias.

- **COLIFORMES TOTALES.** Son bacterias en forma de bacilos, anaerobios facultativo, gramnegativo, no formadores de esporas, son indicadores de contaminación microbiana. <sup>19</sup>

- **COLIFORME FECALES.** Son bacterias Coliforme que se multiplican a 44°C en su mayoría provienen de contaminantes fecales de humano y animales de sangre caliente.<sup>19</sup>

- **ESCHERICHIA COLI.** Bacterias anaeróbicas facultativas gramnegativo no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal.<sup>19</sup>

### **2.7.1 REQUERIMIENTO DE TEMPERATURA.**

Las bacterias son muy sensibles al calor algunas viven mejor a las temperaturas del ambiente, de 15 a 20°C. Algunas especialmente las formas parasitarias, requieren de temperaturas mayores, generalmente las del cuerpo de los animales vivos, que es de 37°C. Otras pueden vivir solamente ha muy bajas temperaturas, apenas sobre el punto de congelación del agua. Cualquier cambio notable en a temperatura óptima requerida por una bacteria específica causa una disminución en las actividad y si es suficientemente grave puede causar su muerte. La temperatura del ambiente se eleva hasta la ebullición del agua, casi todos los tipos de bacterias son destruidos.

#### **2.7.1.1REQUERIMIENTO DE HUMEDAD.**

Las bacterias requieren de un medio húmedo para que sus actividades sean más eficaces. Si se separan de tal medio por cualquier lapso de tiempo y tiene lugar de desecación, las células de las bacterias son destruidas. En condiciones óptimas del medio en cuanto a temperatura, humedad, abastecimiento de comida y oxígeno, las bacterias se multiplican y crecerán al máximo, produciendo asimismo su máxima cantidad de trabajo. Cualquier cambio en las condiciones del medio causará una disminución inmediata en su ritmo de crecimiento y finalmente la muerte y destrucción de las formas vivas.<sup>19</sup>

## **2.8 CONTAMINACIÓN POR ERUPCIÓN VOLCÁNICA**

La actividad volcánica produce en general, contaminación natural, ya sea a través de las emanaciones gaseosas o de las denominadas “lluvias de cenizas”.

Los gases disueltos en el magma son liberados durante una erupción, siendo los más importantes el Vapor de Agua, Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Óxidos de Azufre, Hidrógeno, Nitrógeno, Flúor, Cloro, Boro y Arsénico. Tanto los compuestos de Azufre como los cloruros y fluoruros reaccionan con el agua para formar ácidos tóxicos, los cuales aún en concentraciones bajas son nocivos para la vista, la piel y el sistema respiratorio de los seres vivos. La vegetación puede ser severamente dañada por ésta “lluvia ácida” (ej.: volcán Lonquimay, Chile, la erupción de 1988 fue inusualmente rica en Flúor, con efectos catastróficos sobre la flora silvestre y cultivos aledaños).

Los efectos nocivos de los gases volcánicos generalmente quedan restringidos a un radio de 10 km. del centro emisor. Sin embargo, las erupciones explosivas de gran volumen, pueden determinar la formación de un velo estratosférico de polvo y aerosoles ácidos; estos pueden provocar efectos climáticos de alcance local hasta regional (ej.: volcán Tambora, Indonesia, la erupción de 1885, considerada como la de mayor magnitud registrada en tiempos históricos, produjo una prolongada reducción de la visibilidad y disminución de la temperatura media en 0,5°C aproximadamente).

Por otra parte la actividad volcánica es altamente contaminante del medio hídrico (escurrimiento superficial y subterráneo) en las adyacencias del centro emisor.

Tanto los gases disueltos como las partículas sólidas pueden afectar en diverso grado la calidad del agua, comprometiendo el abastecimiento de agua potable para los seres humanos y la disponibilidad de agua para consumo de los animales. Además, las cenizas ponen en riesgo la salud de las personas y de los animales debido a los trastornos ocasionados en su aparato respiratorio y digestivo.<sup>20</sup>

### **2.8.1 MATERIALES EXPULSADOS DURANTE LA ERUPCIÓN VOLCÁNICA**

En las erupciones volcánicas se expulsan diferentes materiales al exterior. Estos materiales son muy diversos y pueden clasificarse por su estado físico.

#### **GASES**

Los gases contenidos en el magma, se emiten a elevada temperatura y ascienden en forma de una columna conectiva, hasta llegar a la altura en la que columna y atmósfera tienen la misma temperatura, cesando entonces el ascenso. Esta columna tiene capacidad para arrastrar gran cantidad de piroclasto y materiales sólidos arrancados del conducto. Como ya se ha indicado anteriormente el gas es el causante del mayor o menor grado de explosividad de la erupción. Además de la salida violenta por el cráter durante la erupción, el gas puede escapar por pequeñas fracturas del edificio volcánico y zonas próximas dando lugar a fumarolas y mantos acuíferos que se puede utilizar como aguas termales y medicinales. Finalmente algunos gases como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) pueden escapar por difusión a través del suelo incluso en áreas muy alejadas del volcán.<sup>21</sup>

## Lavas

Son magmas parcialmente desgasificados que fluyen por el cráter y se derraman sobre la superficie formando coladas. La extensión, velocidad y fluidez de las coladas dependen de su composición, temperatura y volumen de gases, así como de la topografía por la cual se desliza

Al igual que con las rocas, podemos establecer una clasificación para las lavas en ácidas, intermedias y básicas que se diferencian por su viscosidad, que depende de la composición química del fundido y en concreto de la cantidad de sílice. Cuanto más sílice, más viscosa es la lava. Existen componentes que disminuyen la viscosidad de la lava como son los álcalis y el agua. La explosividad está relacionada con la presencia de gases en la lava, cuanto más cantidad se encuentren disueltos más explosiva será la lava.

Las lavas básicas son las lavas más fluidas y avanzan con gran rapidez (pueden alcanzar los 100 Km/h) y recorren largas distancias. No suelen presentar un comportamiento explosivo. Podemos distinguir varios tipos de lavas: **pahoehoe o cordadas, AA o en bloque, Bomba volcánica, Lapilli**. Y las que tienen incidencia en la contaminación del agua son:

**Lavas almohadilladas o Pillow lavas.** Cuando la lava entra en contacto con el agua se desprenden fragmentos de lava que se enfrían rápidamente, adquiriendo un aspecto de pequeñas almohadillas. La solidificación se extiende progresivamente hacia el interior de la almohadilla.

**Cenizas:** La ceniza volcánica se origina en erupciones, habiendo tres formas básicas de formación: magmática, freatomagmática/hidrovolcánica y freáticas. En una misma erupción pueden darse distintas formaciones de estas cenizas.

En las erupciones o fases de erupciones magmáticas, la liberación de gases en un magma, producto de descompresión, cuando el magma se aproxima a la superficie terrestre, produce la fragmentación del material en partículas finas. Las erupciones Hawaianas producen cenizas vítreas con formas suaves y aerodinámicas, como gotas y esferas, así como cabellos de Pelé, escoria y vidrio irregular.

En las erupciones freatomagmáticas el magma entra en contacto con agua subterránea o algún otro cuerpo de agua (incluyendo hielo y nieve) produciéndose un enfriamiento y fragmentación explosiva del magma.

Son el producto de erupciones explosivas, se forman cuando colapsa una columna eruptiva o se derrumba un frente de lava que está siendo emitido se forma un flujo turbulento por la mezcla de gases calientes con fragmentos de rocas. Se trata de una erupción altamente peligrosa, ya que alcanzan temperatura de hasta 900°C y hasta pueden moverse a velocidades que varían entre 100 y 250 km/h algunos depósitos con características de flujo piroclásticos.

El domingo 29 de diciembre de 2013 a las 10:30 am, el Volcán Chaparrastique entró en erupción. La parte intensa duró desde las 10:30 hasta las 13:00 horas del 29 de diciembre. Una columna eruptiva de gases y cenizas se elevó aproximadamente de 5 a 10 kilómetros y se dispersó predominantemente hacia el occidente del volcán, con reporte de caída de ceniza hasta en San Salvador. De

los cuales se han encontrado al oriente y sur poniente del volcán de San Miguel, por lo tanto, se infiere que los poblados localizados en esas áreas están potencialmente expuestos a este peligro. Después de 12 días de haber hecho erupción, el volcán Chaparrastique sigue presentando algunas variaciones en la concentración de dióxido de azufre y en su vibración interna, sin llegar a niveles de alerta, informaron autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN.

Celina Kattán, Directora General del Observatorio Ambiental del MARN dijo que son fluctuaciones normales. “Alrededor de las tres de la mañana de este 10 de enero, se registró un valor de aproximadamente punto 9 partes por millón de concentración de dióxido de azufre, lo cual supone un nivel dañino para personas muy sensibles. Posteriormente, alrededor de las cinco de la mañana se registró un valor de punto 5 partes por millón, lo cual también supone una condición dañina para personas muy sensibles. Esta mañana tenemos un valor de punto 01 partes por millón, lo cual es una condición buena”, detalló Kattán.

Con respecto a la vibración interna del Chaparrastique, manifestó que los niveles se han mantenidos bajos desde el día de la erupción y hasta la fecha, incluso han disminuido en relación con los días anteriores a la erupción.

Estos gases como son pesados, el viento no los está desplazando o movilizándolo tanto como en los días anteriores, es usual que tengamos concentraciones mayores a las que teníamos por el momento, subrayó Kattán.<sup>22</sup>

Los flujos piroclásticos son increíblemente destructores de todo cuanto está en su camino.<sup>5</sup>

El vapor de agua se generaba a expensa del contacto, directo o indirecto, del agua con el magma, dando origen a violentas erupciones freatomagmáticas y freáticas. La existencia de sistemas geotermales era otra fuente generadora de vapor. El Dióxido de carbono se muestra en la actualidad como un gas presente en el subsuelo y en buena parte de los acuíferos de la región. Su origen está en los procesos de desgasificación llevados a cabo en el magma que se enfría lentamente bajo la superficie. El Dióxido de Carbono aflora a través de fracturas y de la fisuración de las rocas. Cuando intercepta acuíferos da origen a los "hervideros" que son manantiales termales en los que el agua aparece más o menos cargada de este gas.<sup>23</sup>

### **2.8.2 FLUJOS PIROCLÁSTICOS**

Los flujos piroclásticos son uno de los fenómenos más destructivos que se pueden presentar en un volcán en actividad. Los *flujos piroclásticos son mezclas calientes de gases, ceniza y fragmentos de roca, que descienden por los flancos del volcán a velocidades de hasta más de 100km/h con temperaturas por lo general arriba de 100°C*. La parte inferior y más densa del flujo se arrastra por el fondo de las barrancas y los valles, mientras que la parte superior, menos densa, puede sobrepasar los valles y alcanzar alturas importantes sobre el fondo de los valles e inclusive sobrepasar relieves topográficos importantes.

Las pumitas son materiales fragmentarios muy vesiculados (llenos de varias cavidades producidas por la expansión de las burbujas de gas), generalmente de

color claro de densidad inferior al agua. En otros casos, la columna no posee suficiente fuerza ascensional para elevar todo el material incorporado, produciendo el colapso de la misma. Este material cae sobre el volcán, descendiendo rápidamente por las laderas y formando densos flujos que se mueven a gran velocidad (500km/h), temperaturas elevadas (700°C) con gran capacidad de transporte y pueden recorrer hasta 100km de distancia.<sup>24</sup>

# CAPITULO III

## HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

---

### 3.1 SISTEMA DE HIPÓTESIS

A continuación se presenta el sistema de hipótesis:

#### A. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- **H<sub>1</sub>**: Los valores de pH y Temperatura del agua de pozo por efecto de la actividad volcánica superan los parámetros máximos admisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
  
- **H<sub>2</sub>**: La concentración Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros en el agua de pozo por efecto de la actividad volcánica supera el valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
  
- **H<sub>3</sub>**: El número más probable NMP de bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli, en muestra de agua de pozo supera los valores máximos admisibles de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

## **B. HIPÓTESIS NULAS**

- **H<sub>01</sub>:** Los valores de pH y Temperatura en el agua de pozo por efecto de la actividad volcánica no superan los parámetros máximos admisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
  
- **H<sub>02</sub>:** La concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros en el agua de pozo por efecto de la actividad volcánica no supera el valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
  
- **H<sub>03</sub>:** El número más probable NMP de bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli, en muestra de agua de pozo no supera los valores máximos admisibles de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

### 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
<b>H<sub>1</sub>:</b> Los valores de pH y Temperatura del agua de pozo por efecto de la actividad volcánica superan los parámetros máximos admisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.	Valores de pH y Temperatura en el agua.	a) Valores de Acidez o basicidad en términos de pH en el agua de pozo.  b) Valores de Temperatura en grados Celsius en el agua de pozo.	a) Medición de Temperatura en grados Celsius con un termómetro de bulbo de Mercurio y una escala de -10 a 200 grados Celsius.  b) Valores de Acidez y Basicidad con un pH metro ThermoOrion Modelo 290 Aplus, realizados en el laboratorio de la Sección de Química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador, los resultados se compara con el valor establecido de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable.	- Escala de pH que indica acidez o basicidad del agua.  - Valor de la temperatura en grados Celsius en las muestras de agua. Que indican si el agua es termal o no.
<b>H<sub>2</sub>:</b> La concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros en el agua	Concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y	Cantidad de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros en miligramos por litros contenidos en agua de	Medición de la cantidad de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros, expresada en miligramos por litros en muestra de agua realizada en el laboratorio mediante un	- Cantidad de Plomo en cada muestra de agua. - Arsénico determinado en la muestra. -Cantidad de Mercurio.

<p>de pozo por efecto de la actividad volcánica supera el valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.</p>	<p>Cloruros en el agua de pozo</p>	<p>pozo.</p>	<p>Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito y este resultado se compara con el valor establecido de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulfatos existentes en cada muestra.</li> <li>- Cloruros obtenidos para cada muestra.</li> </ul>
<p><b>H<sub>3</sub>:</b> El numero mas probable NMP de bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli, en muestras de agua de pozo supera los valores máximos admisibles de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.</p>	<p>unidades formadoras de colonias de bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli</p>	<p>Presencia de Unidades formadoras de Colonias de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli por mililitros contenidos en el agua de pozo.</p>	<p>Determinación de presencia o ausencia de Unidades Formadoras de Colonias por mililitros de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli, realizados en los laboratorios (1) En la Sección de Química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador; mediante Placas Petrifilm; (2) En el Laboratorio de calidad integral (FUSADES) para el recuento de Bacterias, los resultados serán comparados con el valor establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colonias de Coliformes Totales observadas.</li> <li>- Coliformes Fecales determinados.</li> <li>- Colonias de Escherichia Coli observadas.</li> </ul>

# CAPÍTULO IV

## DISEÑO METODOLÓGICO

---

### 4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es cuantitativo y comprende tres partes:

- La primera consiste en determinar parámetros físicos tales como pH y Temperatura de dos pozos industriales y comparar los resultados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable en los períodos de Enero a Julio del año 2014. (ver anexo 2 Norma)
- La segunda consiste en medir la concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros en el agua de dos pozos industriales durante el periodo de Enero a Julio del año 2014 y comparar con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
- La tercera consiste en determinar la presencia de Bacteria Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli en el agua de pozo, durante el periodo de Enero a Julio del año 2014 y comparar con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

## **4.2 DISEÑO DE ESTUDIO**

Este estudio es clasificado como descriptivo-experimental, dado que los resultados obtenidos se plasmaron en el documento en una forma descriptiva. Y los resultados fueron obtenidos mediante pruebas de laboratorio.

## **4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **POBLACIÓN**

El universo de estudio es el siguiente: tres pozos industriales de los cuales se seleccionaron dos pozos industriales que son representativos al universo por la cual estos dos abastecen a toda la zona urbana y el otro solo da servicio a un Cantón , tomando en cuenta los criterios de inclusión y el tipo de estudio.

### **TAMAÑO DE LA MUESTRA**

El tamaño de la muestra consiste en dos pozos industriales, que se eligieron de los tres pozos que posee el municipio, basándose en los criterios de inclusión. Por lo tanto el tipo de muestreo es no probabilístico: por conveniencia.

## **4.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El municipio de Nueva Guadalupe es uno de los 20 municipios pertenecientes al departamento de San Miguel. Está localizado aproximadamente a 120 kilómetros al este de la capital, y a 21.8 kilómetros de la cabecera departamental. Limita al norte con Lolotique; al oeste con San Buenaventura y Jucuapa (departamento de Usulután); al sur con Chinameca; y al este con Moncagua. Su jurisdicción territorial comprende una superficie territorial de 22.81km<sup>2</sup>. (Ver anexo 3)

#### **4.5 PUNTOS DE MUESTREO: criterios de inclusión y exclusión**

Las muestras serán tomadas siguiendo los criterios de inclusión:

- Que los pozos se encuentren en condiciones óptimas para el suministro de agua potable.
- El agua de los pozos de donde se extrajo la muestra debe de estar libre de Cloro.
- El consentimiento de la Alcaldía Municipal para la toma de muestras.
- De los tres pozos industriales que posee el municipio se seleccionaron los dos que proporcionan más servicio a la comunidad. (Ver anexo 3)

#### **4.6 METODOLOGÍA DE CAMPO**

En general, para establecer e identificar de manera adecuada los puntos de muestreo, el proceso metodológico se desarrolló en las siguientes etapas:

- **Visita a la institución relacionada con el proyecto de investigación:**  
Con el propósito de recopilar información sustentable y de valor teórico, se coordinaran las visitas con entidades relacionadas al proyecto de investigación la institución que se contacto es: **Alcaldía Municipal de Nueva Guadalupe** con el fin de poder obtener el permiso para el estudio de los pozos de dicho municipio e información de primera mano que nos sirvió como punto de referencia de la zona del proyecto y proporcionándonos a una persona encargada de la unidad Medio Ambiente de la referida Alcaldía para que colaborará en la toma de muestras.

- Se realizaron siete visitas al Municipio de Nueva Guadalupe para desarrollar las diferentes actividades:
- La primera consiste en coordinar con el Alcalde del Municipio y presentarle la propuesta del trabajo de investigación.
- La segunda consiste en preguntar a algunas personas del municipio, si observaron cambios en el agua potable después de la actividad volcánica.
- La tercera se realizó la toma de muestra de dos pozos industriales para el análisis de metales pesados tales como: Plomo, Arsénico y Mercurio (Ver anexo 5 , 6)
- La tercera, cuarta, quinta, sexta y séptima se realizaron cinco tomas de muestras de cada pozo industrial para el análisis de Cloruros y Sulfatos. (Ver anexo 5 , 6)
- A las cinco muestras de cada pozo se les hizo el análisis Físico y Bacteriológico siguiendo todas las medidas establecidas para la toma de las muestras (Ver anexo 6)

#### **4.6.1 METODOLOGIA DE LABORATORIO**

Las muestras recolectadas fueron preservadas y transportadas debidamente a los laboratorios donde se realizaron los análisis Físico-Químico y Bacteriológicos. El trabajo de laboratorio se realizó de la siguiente manera.

1- El análisis bacteriológico mediante Placas Petrifilm se realizó en el Laboratorio de Biología de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental.

2- EL análisis bacteriológico por Tubos Múltiples se llevó a cabo en el Laboratorio Calidad Integral de la Unidad de Microbiología de FUSADES y se realizó mediante tubos de fermentación con caldo Fluorocult.

3- Para el análisis Físico se realizó en el Laboratorio de Química de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental.

4- El análisis Químico se realizó en el Laboratorio de Servicios Analíticos de la Fundación PROCAFE. Quienes se rigen por métodos estándares y referidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua.

El diagrama siguiente indica los análisis realizados a las muestras tomadas:

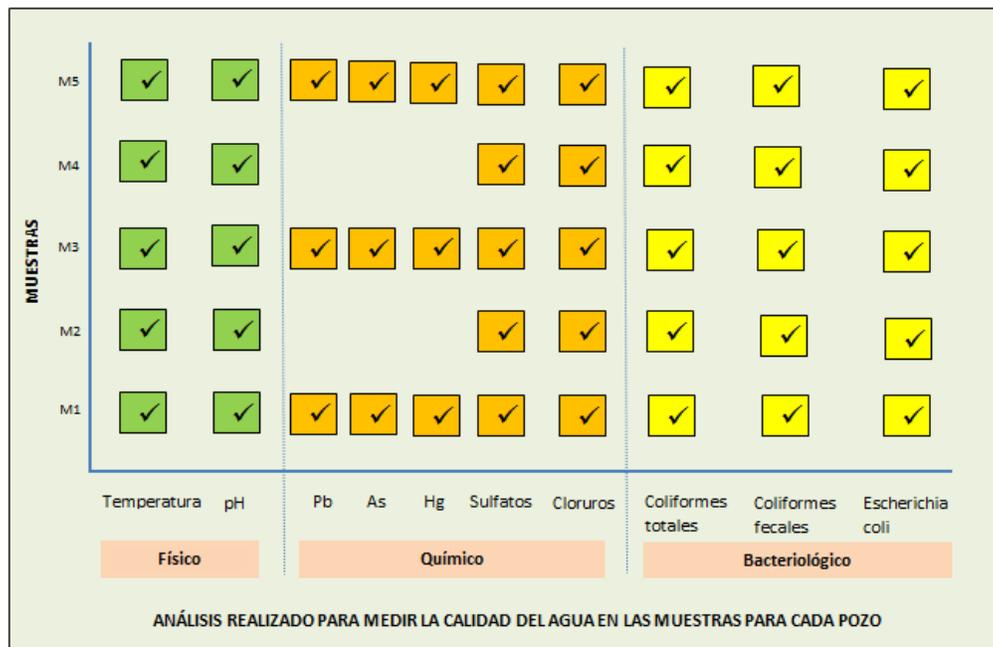


Diagrama sobre el tipo de análisis realizado a las 5 muestras tomadas para cada pozo en estudio.

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

La investigación se realizó el 17 de Enero del 2014 hasta el 30 de Julio del 2014.

#### **4.8 CONTAMINANTES MEDIDOS**

- Se determinan el pH y Temperatura en agua de pozo
- Se mide la concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros en el agua de pozo.
- Se determina la presencia de Bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli en el agua de pozo.

#### **4.9 FASE EXPERIMENTAL: PARÁMETROS EN ESTUDIO**

##### **4.9.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO**

###### **a. PARÁMETROS FÍSICOS**

- Para la medición de Temperatura superficial se utiliza un termómetro de Mercurio. (ver anexo 4)
- Para la medición de pH las muestras se llevaran al Laboratorio de la Sección de Química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador, midiéndose con un pH metro ThermoOrion Modelo 290 Aplus. (ver anexo 4)

###### **b. PARÁMETROS QUÍMICOS**

- Las muestras se tomaran por los investigadores, para después trasladarse al Laboratorio de Servicios Analíticos de la Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café (PROCAFE). Analizándose las muestras de agua utilizando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito,

Perkin Elmer modelo 1100B, Horno de Grafito Perkin Elmer modelo HGA 700, con muestreador automático AS 70 acoplable al Espectrofotómetro 1100B , para Cloruros el método utilizado es Argentométrico y para Sulfatos se utiliza el Turbidimétrico ASTM. (Ver anexo 7)

### **c. PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO**

Las muestras se tomaran en la mañana por los investigadores y luego se transportan hacia el Laboratorio de Biología de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, para la identificación de Bacterias Formadoras de Colonias utilizando Placas Petrifilm. (Ver anexo 8). Y se realizó otro análisis de Tubos de Fermentación Múltiple en el Laboratorio de Calidad Integral de la Unidad de Microbiología de FUSADES

## **4.9.2 MÉTODO DE ANÁLISIS**

### **a. ABSORCIÓN ATÓMICA**

La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert.

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

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide.

El paso de la radiación policromática ultravioleta o visible a través de un medio constituido por partículas monoatómicas como Mercurio o Sodio gaseoso, produce la absorción de solo unas pocas frecuencias. La excitación solo puede producirse mediante un proceso electrónico en los que uno o varios electrones del átomo se promocionan a un nivel de energía más alto, las longitudes de onda del ultravioleta visible tienen energía suficiente para originar transiciones solo de los electrones más externos o electrones de enlace.<sup>25</sup>

## **b. ABSORCIÓN DE RADIACIÓN**

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

Según la teoría cuántica los átomos iones y moléculas solo tienen un número limitado de niveles de energía discretos y por lo tanto, para que se produzca la absorción de la radiación. La energía de los factores excitadores debe coincidir exactamente con la diferencia de energía entre el estado fundamental y uno de los

estados excitados de las especies absorbentes. El estudio de las frecuencias de la absorción absorbida proporciona un medio para caracterizar a los constituyentes de una muestra de materia. Con este fin se presenta la absorbancia en función de la longitud de onda o de la frecuencia (la absorción una medida de la disminución la potencia radiante).<sup>25</sup>

## **TÉRMINOS EMPLEADOS ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN.**

**a) Transmitancia.** Se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en determinada cantidad de tiempo.

La Transmitancia se refiere a la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo, en una determinada longitud de onda. Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esa luz es absorbida por el mismo, y otra fracción de ese haz de luz atravesará el cuerpo, según su Transmitancia. El valor de la Transmitancia óptica de un objeto se puede determinar según la siguiente expresión:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

$I$  es la cantidad de luz transmitida por la muestra e  $I_0$  es la cantidad total de luz incidente.<sup>20</sup>

Muchas veces encontraremos la Transmitancia expresada en porcentaje, según la fórmula:

$$T\% = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%$$

**b) Absorbancia.** Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esta luz es absorbida por el cuerpo, y el haz de luz restante atraviesa dicho cuerpo. A mayor cantidad de luz absorbida, mayor será la absorbancia del cuerpo, y menor cantidad de luz será transmitida por dicho cuerpo. Como se ve, la absorbancia y la Transmitancia son dos aspectos del mismo fenómeno. La absorbancia, a una determinada longitud de onda  $\lambda$ , se define como:

$$A_{\lambda} = -\log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

Donde  $I$  es la intensidad de la luz que pasa por la muestra (luz transmitida) y  $I_0$  es la intensidad de la luz incidente.<sup>26</sup>

### **c. ATOMIZADORES ELECTRO-TÉRMICOS.**

Los atomizadores electro térmicos se utilizan para las medidas de absorción atómica. La atomización tienen lugar en un tubo cilíndrico de grafito abierto por ambos extremos, y que tiene un orificio central para la introducción de la muestra mediante una micro pipeta, la plataforma también es de grafito y se encuentra debajo del orificio de entrada de la muestra, la muestra se evapora y se calcina sobre esta plataforma de manera usual.<sup>26</sup> (ver anexo)

### **d. FUENTES DE RADIACIÓN PARA LOS MÉTODOS DE ABSORCIÓN**

**ATÓMICA.** La fuente más común para las medidas de absorción atómica es la lámpara de cátodo hueco. Consiste en un ánodo de Tungsteno y un cátodo cilíndrico, cerrados herméticamente en un tubo de vidrio lleno con Neón y Argón a una presión de 1 a 5 torr.<sup>27</sup> (ver anexo)

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

**4.9.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL MÉTODO.** El equipo: Espectrofotómetro de absorción atómica equipado con corrector de fondo y con quemador de aire acetileno de Perkín-Elmer.<sup>28</sup> (ver anexo 7)

- ✓ Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco
- ✓ Tipo de atomizador: electro térmicos
- ✓ Longitud de onda: 283.3nm
- ✓ Abertura de la rendija del monocromador 0.7nm
- ✓ Gas utilizado: acetileno
- ✓ Temperatura de atomización y carbonización secado: 110 °C/45s
- ✓ Incinerado: 500°C/30s
- ✓ T° de atomizado: 2200°C/s
- ✓ Límite de detección: 0.002 a 0.001 ng/mL o  $2 \times 10^{-6}$  a  $1 \times 10^{-5}$  ppm

#### 4.9.4 MÉTODO TURBIDIMÉTRICO

Los métodos turbidimétricos de análisis tienen como fundamento la formación de partículas de pequeño tamaño que causan la dispersión de la luz cuando una fuente de radiación incide sobre dichas partículas.

El grado de dispersión de la luz (o turbidez de la solución) es proporcional al número de partículas que se encuentran a su paso, lo cual depende de la cantidad de analito presente en la muestra. Para esto se toma un cierto volumen de muestra y se le agrega alguna sal que cause la formación de partículas de precipitado. En el caso de determinación de sulfatos por el método turbidimétrico se agrega a un volumen de muestra, solución de Cloruro de Bario.

El Bario en presencia de sulfatos precipita como Sulfato de Bario  $BaSO_4$ , formando flósculos que causan un cierto grado de turbidez en la solución y este grado de turbidez es proporcional a la concentración de sulfatos presentes.

El grado de turbidez se mide en un nefelómetro o turbidímetro en unidades NTU's (Nephelometric Turbidity Units ó Unidades Neofelometricas de Turbidez).

PROCEDIMIENTO:

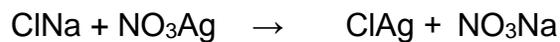
**CURVA DE CALIBRACIÓN:** Para obtener la curva de calibración, se preparan una serie de standards de: 5, 10, 15, 20 y 25 ppm como sulfatos  $SO_4^{2-}$ . Se toman 50 ml. de muestra y se colocan en un vaso de precipitados. Se le agregan 5 ml. de solución estabilizadora y 5 ml. de solución de Cloruro de Bario al 5 %. Se agita la muestra para mezclar completamente y esta solución resultante es la que se

emplea para lectura en el turbidímetro. La lectura se efectúa 5 minutos después de haber agregado los reactivos y formado el precipitado.

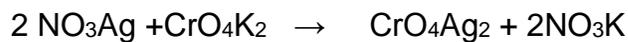
#### **4.9.5 MÉTODO ARGENTOMÉTRICO**

Este método es aplicable para la determinación de cloruros en aguas potables o superficiales, siempre que no tengan excesivo color o turbidez. Se basa en el método de Mohr. Sobre una muestra ligeramente alcalina, con pH entre 7 y 10, se añade disolución de AgNO<sub>3</sub> valorante, y disolución indicadora K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>. Los Cl<sup>-</sup> precipitan con el ión Ag<sup>+</sup> formando un compuesto muy insoluble de color blanco. Cuando todo el producto ha precipitado, se forma el cromato de plata, de color rojo ladrillo, que es menos insoluble que el anterior y nos señala el fin de la valoración.

Reacción de valoración:



Reacción indicadora:



Nota: NO<sub>3</sub>Ag en exceso

#### **4.9.6 MÉTODO PLACAS PETRIFILM PARA EL RECuento DE COLIFORMES TOTALES**

Las placas petrifilm contienen nutrientes de bilis rojo violeta, un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador tetrazolium que facilita el recuento de las

colonias, la película superior atrapa el gas producido por las Coliformes fermentadoras de lactosa.

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

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

#### **4.9.6.2 ORGANISMOS INDICADORES Y LA PRUEBA COLIFORMES**

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

#### **ORGANISMOS INDICADORES.**

Existen organismos que se relacionan con las vías intestinales y cuya presencia indican que esta ha recibido contaminación de origen intestinal. El indicador más empleado es el grupo de organismos Coliformes, dicho grupo está definido en la bacteriología del agua como toda bacteria aeróbica y anaeróbica facultativa gram

negativa, no formadora de esporas, en forma de bastón, que fermenta lactosa con formación de gas en 48 horas a 35°C.<sup>29</sup>

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

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

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

# **CAPITULO V:**

## **RESULTADOS EN EL ESTUDIO**

---

### **5.1 DIAGNOSTICO DEL ESTUDIO**

Para este estudio conversamos con 10 personas al azar de cada sector donde están ubicados los pozos a estudiar, se les aplico el siguiente instrumento

(Ver anexo 11).

Para recopilar información confiable que se utilizó en beneficio del estudio realizado.

Estos habitantes manifestaron haber sentido cambio en la temperatura del agua después de transcurrir la actividad volcánica, pero referente a la salud no manifestaron problemas. E indicaron que era pertinente o era necesario realizar el estudio sobre la calidad de agua de este lugar.

#### **➤ TABLA DE RECOPIACION DE DATOS OBTENIDOS ATRAVES DEL INSTRUMENTO APLICADO.**

Conocimientos que tienen sobre la población, que elementos estarán a formar parte de la muestra en estudio en este muestreo. En este muestreo es muy importante definir con claridad los criterios de inclusión.

## 5.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de esta investigación en tabla y después su respectivas gráficas.

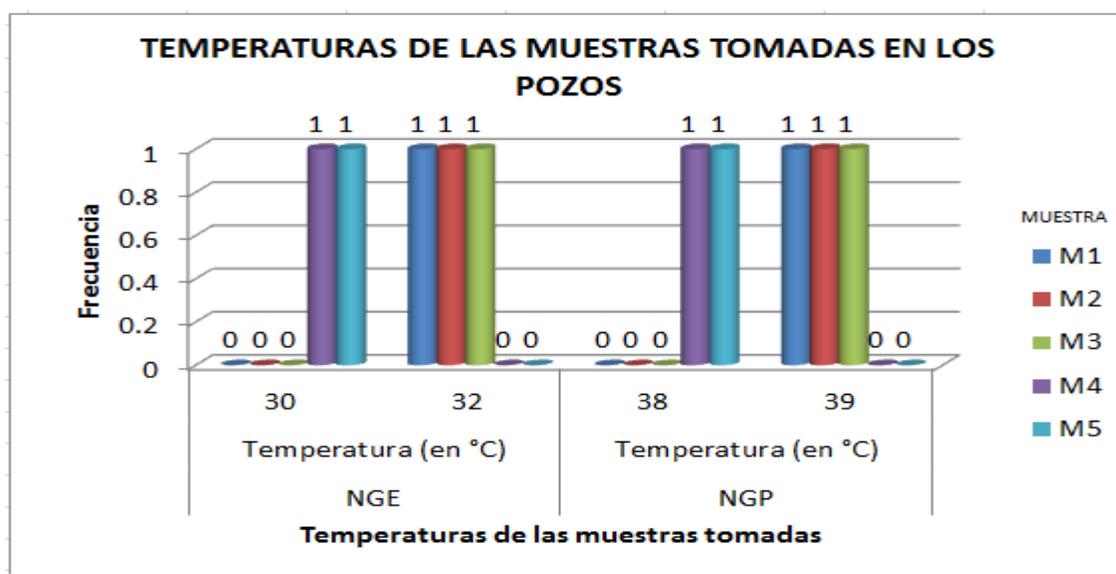
**TABLA 1.**PRESENTACION DE RESULTADOS Y GRAFICO DE LA TEMPERATURA EN LAS MUESTRAS DEL ESTUDIO.

MUESTRAS/ FECHA	TEMPERATURA NGE	TEMPERATURA NGP
1) 04/03/14	32°C	39°C
2) 11/03/14	32°C	39°C
3) 18/03/14	32°C	39°C
4) 25/03/14	30°C	38°C
5) 01/04/14	30°C	38°C

**NGE:** NUEVA GUADALUPE ESTADIO

**NGP:** NUEVA GUADALUPE PILAS

### GRÁFICO 1



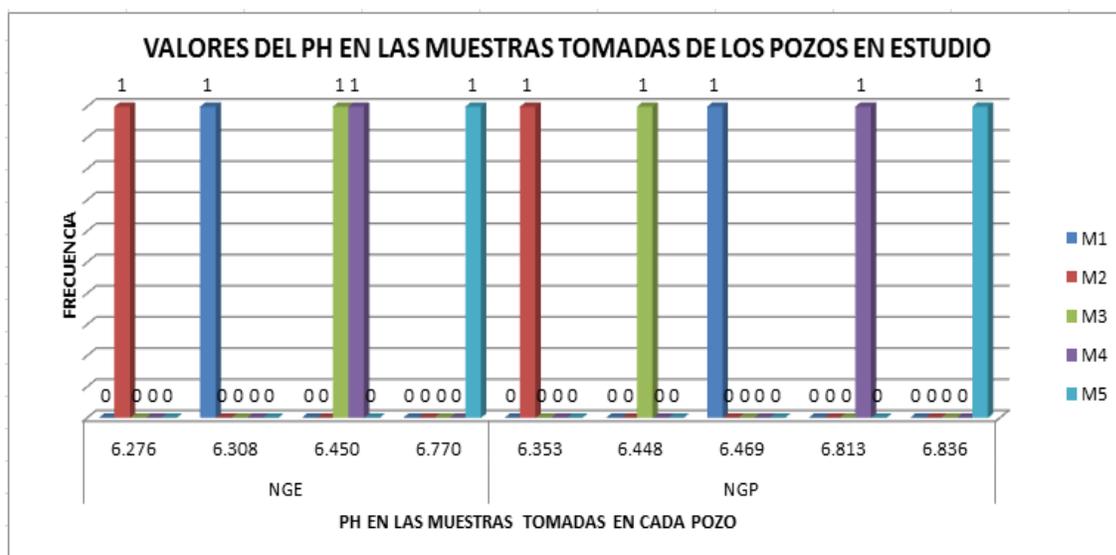
**Fuente:** Informe de análisis de agua realizado en este estudio.

El gráfico anterior (gráfico 1), muestra los datos referentes a las temperaturas poseídas por las cinco muestras de agua para cada uno de los pozos industriales en estudio. Observándose que para el pozo del Estadio (NGE) las temperaturas oscilaron entre 30 y 32°C, mientras que para el de las Pilas (NGP) entre 38 y 39°C, lo cual significa que en este último las muestras de agua mostraron temperaturas mucho mayor.

**TABLA 2. PRESENTACION DE RESULTADOS Y GRAFICA DEL pH EN LAS MUESTRAS EN ESTUDIO**

MUESTRAS/ FECHA	pH NGE	pH NGP
1) 04/03/14	6.308	6.469
2) 11/03/14	6.276	6.353
3) 18/03/14	6.450	6.448
4) 25/03/14	6.450	6.813
5) 01/04/14	6.770	6.836

**GRÁFICO 2**



Fuente: Tabla 2.

En el gráfico 2 los resultados para los valores del pH para las cinco muestras tomadas, podemos visualizar que en el pozo del Estadio, los resultados empiezan en 6.276 y finalizan en 6.770, repitiéndose para la muestra 3 y 4 en el valor de 6.450. Respecto a los del pozo de las Pilas tenemos que su valor más pequeño de pH es 6.353 y su mayor es 6.836. y de esta forma se puede decir que el parámetro pH en este estudio es mayor para el pozo industrial de las Pilas.

**TABLA 3. PRESENTACION DE RESULTADOS DE ELEMENTOS QUIMICOS Y SUSTANCIAS ANIONICAS EN LAS MUESTRAS EN ESTUDIO**

**NGE**

ANALISIS	RESULTADOS		
	M <sub>1</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>5</sub>
<b>ARSENICO</b>	0.0080 mg/l	0.0090 mg/l	0.0100 mg/l
<b>MERCURIO</b>	< 0.0010 mg/l	< 0.0010 mg/l	< 0.0010 mg/l
<b>PLOMO</b>	0.0093 mg/l	0.0087 mg/l	0.0098 mg/l

ANALISIS	RESULTADOS				
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>
<b>CLORUROS</b>	9.93 mg/l	9.57 mg/l	8.86 mg/l	8.51 mg/l	8.86 mg/l
<b>SULFATOS</b>	7.04 mg/l	7.67 mg/l	8.48 mg/l	6.46 mg/l	6.06 mg/l

**NGP**

ANALISIS	RESULTADOS		
	M <sub>1</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>5</sub>
<b>ARSENICO</b>	0.0120 mg/l	0.0110 mg/l	0.0110 mg/l
<b>MERCURIO</b>	< 0.0010 mg/l	< 0.0010 mg/l	< 0.0010 mg/l
<b>PLOMO</b>	0.0071 mg/l	0.0078 mg/l	0.0076 mg/l

ANALISIS	RESULTADOS				
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>
<b>CLORUROS</b>	7.09 mg/l	6.74 mg/l	6.38 mg/l	7.09 mg/l	6.74 mg/l
<b>SULFATOS</b>	14.12 mg/l	13.73 mg/l	15.74 mg/l	14.12 mg/l	16.55 mg/l

**TABLA 1.** ESTADÍSTICOS REFERENTES A LOS ANÁLISIS REALIZADOS EN LOS POZOS EN ESTUDIO (ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO)

a) NGE

Parámetro medido en la muestra tomada	N	Mínimo	Máximo	Media	Varianza
Temperatura (en °C)	5	30	32	31.20	1.200
pH	5	6.2760	6.7700	6.45080	0.038
Plomo	3	0.0087	0.0098	0.00927	0.000
Arsénico	3	0.0080	0.0100	0.00900	0.000
Hg	3	0.0100	0.0100	0.01000	0.000
Sulfatos	5	4.4600	8.4800	6.74200	2.411
Cloruros	5	8.5100	9.9300	9.14600	0.341

b) NGP

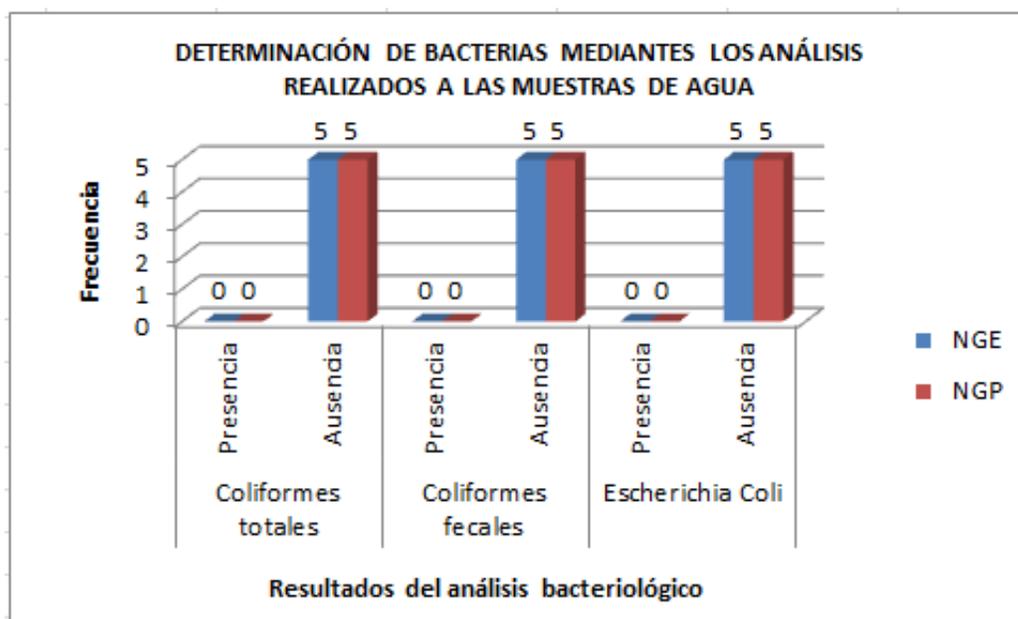
Parámetro medido en la muestra tomada	N	Mínimo	Máximo	Media	Varianza
Temperatura (en °C)	5	38	39	38.60	0.300
pH	5	6.3530	6.8360	6.58380	0.050
Plomo	3	0.0071	0.0076	0.00740	0.000
Arsénico	3	0.0110	0.0120	0.01133	0.000
Hg	3	0.0010	0.0010	0.00100	0.000
Sulfatos	5	13.730	16.550	14.8520	1.501
Cloruros	5	6.3000	7.0900	6.79200	0.106

**Resultados obtenidos** de análisis de agua realizado

Las tablas denominadas a) y b) correspondientes a la tabla 1, detallan los resultados referentes a los estadísticos: el dato mínimo, el máximo, la media y la varianza para los valores obtenidos en general en las muestras de agua (para algunos análisis realizados se tomaron tres y para otros 5, ver la columna tamaño de muestra "N") evaluadas en cada uno de los pozos en estudio. Por ejemplo se tiene que tanto los parámetros físicos como químicos presentaron valores menores para el análisis realizado en cada uno de los pozos en estudio, a excepción los cloruros que se invirtieron los valores, es decir, resultaron más altos en el pozo del Estadio que en el de las Pilas. Lo que queda es investigar a que se debe este resultado.

Las varianzas mayores para estos parámetros se encuentra en el parámetro sulfatos, esto indica que los datos son más dispersos o dicho en otras palabras se encuentran más alejados del valor de sulfatos medio determinado en las muestras tomadas de cada pozo en estudio del municipio de Nueva Guadalupe.

**GRÁFICO 3.** DISTRIBUCIÓN DE LAS BACTERIAS DETERMINADAS MEDIANTE EL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO REALIZADO A LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS DE LOS POZOS EN ESTUDIO.



**Fuente:** Informe de análisis de agua realizado en este estudio.

El gráfico 3, mostrado anteriormente refleja que en las muestras de agua tomadas de los pozos: del Estadio (NGE) y de las Pilas (NGP) se manifestó total ausencia de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli para cada una de las muestras de agua tomadas.

Estos resultados se confirmaron con otro método que son los tubos de fermentación múltiple en un Laboratorio especializado de FUSADES (que se muestra en el procedimiento de análisis) para estar más confiados que los resultados a proporcionar por este estudio sean confiables en la medida de lo posible.

### 5.3 DESCRIPCIÓN DE TÉCNICA ESTADÍSTICA APLICADA

#### Metodología estadística.

La metodología estadística que se implementó en el proyecto de investigación fue la “t de student”, la cual nos permitió establecer y demostrar la diferencia significativa de cada parámetro analizado entre cada uno de los pozos industriales. Además, se comparó los resultados de los análisis Físico- Químico y Bacteriológico con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua Potable.

Se tomó un valor de nivel de significancia del 95%( $t=0.05$ ),el cual permitió dar una respuesta concreta de la variación de los datos obtenidos en diferentes puntos de muestreo, ya que con este nivel de significancia, el grupo investigador tiene el 95% de seguridad para generalizar sin equivocarse y 5% de generalizar y cometer un error. Cuanto menor sea la posibilidad de error, mayor será la certeza en los resultados.

Esta técnica estadística se aplica cuando el tamaño de muestra es menor a 30 unidades muestrales, además cuando los datos resultantes para la variable medida en el estudio contiene datos cuantitativos. El valor de t a utilizar ( $t_c$ ) en esta distribución se calcula mediante la siguiente expresión:

$$t_c = \frac{\bar{X} - \mu}{S} \sqrt{n - 1}$$

## 5.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 5.4.1 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

En esta fase se realiza la prueba de las hipótesis planteadas para este estudio:

#### LA HIPÓTESIS NÚMERO 1:

**H<sub>1</sub>:** Los valores de pH y Temperatura por efecto de la actividad volcánica en muestra de agua de pozo superan los parámetros máximos admisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

Esta se comprueba mediante el estadístico t student, clasificado como comparación de medias para una muestra. Se realiza mediante este método dado que el tamaño de muestra es menor a 30 observaciones, los datos para los parámetros físicos del análisis son cuantitativos, además porque existe un valor de comparación que es el que se encuentra en la norma de calidad del agua salvadoreña. Bajo estas condiciones y haciendo uso del software estadístico para ciencias sociales (SPSS 19) tenemos lo siguiente:

Parámetro	Realizada con el 95% de confianza					
	t	Gl	Sig. (unilateral)	Tamaño de muestra	Estadísticos	
					Media	Desviación
Temperatura (en °C) Valor de prueba 25°C	7.857	9	0.000	10	34.90	3.985
pH Valor de prueba de 6.0 – 8.5	-29.812	9	0.000	10	6.52	0.210

#### Datos de la tabla:

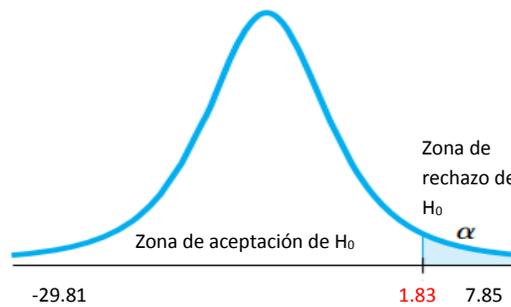
El valor de la tabla es: con  $10-1=9$  grados de libertad y  $1-0.95=0.05$  de significancia, el valor de t-critico es 1.83. (Ver tabla en anexo 12)

### Regla de decisión:

Si el valor de  $t$  calculado con los datos de la muestra es mayor que el valor de  $t$  establecido en la tabla  $t$  student, entonces se rechaza la hipótesis nula.

### Decisión estadística:

Dado que el valor de  $t$  que se encuentra en la tabla para el parámetro Temperatura es 7.857 y supera al valor de tabla que es 1.83, entonces este parámetro temperatura de la muestra en estudio supera el punto límite de las aguas termales. Pero de acuerdo a la



norma de calidad de agua este valor es adecuado sin importar que ya sea agua caliente.

Y para el caso del pH que es -29.81 es menor al valor de tabla. Por lo que para ambos casos se dice que **acepta la hipótesis nula**, esto es los parámetros físicos no superan los valores establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

### LA HIPÓTESIS 2:

**H<sub>2</sub>:** La concentración de Plomo, Arsénico, Mercurio, Sulfatos y Cloruros en el agua de pozo supera el valor de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

Evaluando estos parámetros tenemos:

Prueba para una muestra						
Parámetro	Realizada con el 95% de confianza					
	t	Gl	Sig. (unilateral)	Tamaño de muestra	Estadísticos	
					Media	Desviación
Concentración de Pb Valor de prueba =0.010 mg/L	-3.735	5	0.013	6	0.0083	0.0011
Concentración de As Valor de prueba de =0.010 mg/L	0.277	5	0.799	6	0.0102	0.0015
Concentración de Hg Valor de prueba =0.0010 mg/L	2.236	5	0.076	6	0.0055	0.0049
Sulfatos Valor de prueba =400 mg/L	-275.15	9	0.000	10	10.80	4.4731
Cloruros Valor de prueba = 250 mg/L	-580.58	9	0.000	10	7.97	1.3130

**Datos de la tabla:**

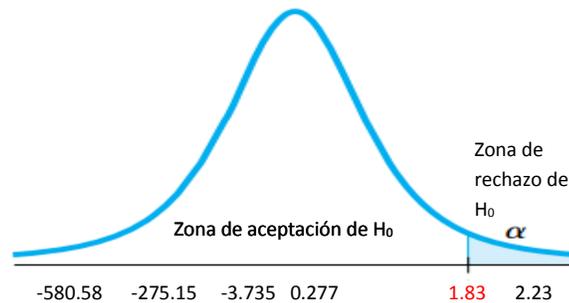
El valor de la tabla resultante es para el Plomo, el Arsénico y el Mercurio: con  $6-1=5$  grados de libertad y  $1-0.95=0.05$  de significancia, el valor de t es 2.02. Y para los sulfatos y los cloruros: con  $10-1=9$  grados de libertad y  $1-0.95=0.05$  de significancia, el valor de t es 1.83.

**Regla de decisión:**

Si el valor de t calculado con los datos de la muestra es mayor que el valor de t establecido en la tabla t student, entonces se rechaza la hipótesis nula.

### Decisión estadística:

Dado que el valor de t que se encuentra en la tabla para el parámetro Plomo (Pb) es -3.735, el Arsénico (As) es 0.277 y para el Mercurio (Hg) 2.236; el único que supera al valor de tabla que es 2.02 es este último, pero que su nivel de



significancia no es tan diferente. Y para los Sulfatos y Cloruros son mucho menores a 1.83. Teniendo en cuenta estos resultados tenemos que se **acepta la hipótesis nula**, esto es los parámetros químicos no superan los valores establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

.

### LA HIPÓTESIS 3.

**H<sub>3</sub>:** El NMP/100 mL de bacterias Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli, en muestras de agua supera los valores máximos admisibles de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.

En este caso para todos los parámetros: Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli presentaron totalmente ausencia de bacterias. Y los parámetros del informe de microbiología es que no superan al 1.1NMP/100 mL. Por lo que también se acepta la **hipótesis nula**; es decir, según los resultados hay ausencia de bacterias en las aguas de los dos pozos industriales en estudio.

## **CONCLUSIÓN GENERAL ESTADISTICA:**

Según los resultados obtenidos al probar las tres hipótesis de trabajo, podemos decir que la calidad del agua de es buena y que esta apta para los usos pertinentes que los habitantes la comunidad de Nueva Guadalupe quieran darle. Solo es de tener en cuenta que el *Mercurio* salió significativo, por lo cual es necesario evaluar las condiciones y abundancia del mismo, así como también el efecto que es capaz de causar en la salud de los seres vivos

# CAPÍTULO VI:

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 6.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los diferentes análisis de muestras de agua de los pozos en el municipio de Nueva Guadalupe, Departamento de San Miguel se concluye lo siguiente.

- En el análisis Físico los resultados obtenidos de Temperatura, todos los valores son aceptables según la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable y en los valores de pH todos se encuentran dentro del rango establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
  
- En el análisis Químico para la determinación de las concentraciones de Plomo, Arsénico, Mercurio, Cloruros y Sulfatos se encontraron concentraciones que no sobrepasan los niveles máximos permitidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.
  
- En el análisis Bacteriológico no se encontró presencia de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli.

- Los resultados fueron comparados con la Norma Salvadoreña para la Calidad de Agua Potable y están dentro de los parámetros admisibles y es apta para el consumo humano.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones que pueden establecerse son las siguientes:

- Que los resultados del Mercurio salieron significativos y que por lo tanto es necesario hacer un análisis sobre la abundancia de este metal, su nivel de contaminación, así como también las consecuencias a las que este puede conllevar a la salud de los seres vivos.
  
- Se recomienda a la Alcaldía municipal de Nueva Guadalupe darle seguimiento al tratamiento que se le da a los pozos para evitar una posible contaminación a futuro, ya que el agua potable se encuentra en óptimas condiciones y cumple con los estándares de calidad de agua. A excepción del mercurio.
  
- Continuar con la investigación en el municipio extendiéndola hacia los cantones, con el objetivo de conocer la calidad de agua que abastece dichos lugares.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- 1) <http://cuscablog.blogspot.com/2009/10/volcanes.html>
- 2) <http://www.laprensagrafica.com/2013/12/31-agua-podria-estar-contaminada>.
- 3) *Jovel Campos Hilda Roció, Vásquez Bonilla Josué Otoniel. "estudio de la calidad del agua de pozo, y propuesta de método de purificación, en la comunidad el tesoro 2 San Miguel", año 2011.*
- 4) [www.ciclodelagua2012.blogspot.com/2012/10/fases-del-ciclo-del-agua.html](http://www.ciclodelagua2012.blogspot.com/2012/10/fases-del-ciclo-del-agua.html)
- 5) <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133092>
- 6) *Juan Gil Montes Geólogo Recursos HIDROLOGICOS*
- 7) *Servicio Hidrológico 1974, "Informe Nacional Del Estado Del Medio Ambiente Año 2000"*
- 8) [https://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_subterránea](https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterránea)
- 9) <http://champagnatsalamanca.maristascompostela.org/auladeciencias/articulos/nitratos.htm>
- 10) [www.ecologiahoy.com/contaminacion-del-agua](http://www.ecologiahoy.com/contaminacion-del-agua)
- 11) [www.contaminacion-agua.org/contaminantes-agua.html](http://www.contaminacion-agua.org/contaminantes-agua.html)
- 12) <http://www.lenntech.es/plomo-y-agua.htm#ixzz3AllhfQxy>
- 13) <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
- 14) [https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminación\\_hídrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminación_hídrica)
- 15) <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/zn.htm#ixzz3AQCGNXih>
- 16) <http://www.monografias.com/trabajos/geohidro/geohidro.shtml#ixzz3AKJlh0>

17) Gamero, Eugenia; Guerra Hugo "Usos de tecnologías Limpias", "Investigación de la Contaminación del Rio Lempa y sus Afluentes Rio Suquiapa, AcelhuateQuezalapa", año 2000.

.18) Cruz Palacios Glenda lidieth, Tesis" Determinación de Metales Pesados en Agua de Consumo de los Pacientes Diagnosticado Con Insuficiencia Renal Crónica del Municipio de Ozatlan en el Departamento de Usulután

19) JAWETZ, MELNICK Y ADELBERTG, Microbiología Medica, Edición 25ª.

20) [www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamVulc.htm](http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamVulc.htm)

21) Síntesis geológica del Volcán de San Miguel, [www.Snnet.goob.Sv/geología/Volcán](http://www.Snnet.goob.Sv/geología/Volcán).

22) <http://diario1.com/nacionales/2014/01/concentracion-de-dioxido-de-azufre-y-vibracion-en-chaparrastique-continua-variable>.

23) <http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/gases.htm>

24) Aguirre, F, sedimentos en varios puntos de la cadena volcánica. Activa de El Salvador, trabajo de graduación 2005.

25) [www.espectrometria.com/espectrometra\\_de\\_absorcin\\_atmica](http://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica).

26) [www.quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/transmitancia-y-absorbancia](http://www.quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/transmitancia-y-absorbancia)

27) Skoog Leary " Analisis Instrumental", Cuarta Edición, Editorial Mc Graw Hill, Interamericana España S.A, Año 1994

28) Strobel, H.A " Instrumentacion Quimica", Editorial Limusa Año 1982, Mexico .

29) Brock D Thomas; W Smith David; Madigan Michael T; "MICROBIOLOGIA" 4ª edicion, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A Año 1987

30) [http://www.fisicanet.com.ar/quimica/aguas/ap05\\_aguas.php](http://www.fisicanet.com.ar/quimica/aguas/ap05_aguas.php)

# **ANEXOS**



## ANEXO 1. GLOSARIO

**Agua atmosférica:** El agua que contiene la atmósfera en forma de vapor o de gotas microscópicas que provienen que de la superficie de la tierra.

**Agua potable:** El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

**Agua superficial:** Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas.

**Agua subterránea:** Se encuentra por debajo del subsuelo, y por lo tanto la misma no forma parte de los océanos, ni del mar ni de los ríos ni arroyos, lagunas o cualquier otro cuerpo de agua se localiza en la zona saturada del subsuelo.

**Plomo:** Elemento químico de numero atómico 82 situado en el grupo 14 de la tabla periódica.

**Arsénico:** Elemento químico de numero atómico 33 situado en el grupo 15 de la tabla periódica.

**Mercurio:** Elemento químico de numero atómico 80 situado en el grupo 12 de la tabla periódica.

**Cloruros:** son compuestos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación formal -1. Por lo tanto corresponden al estado de oxidación más bajo de este elemento ya que tiene completado la capa de valencia con ocho electrones.

**Sulfatos:** Son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno. Las sales de sulfato contienen el anión  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**Bacterias:** Las bacterias son organismos unicelulares microscópicos, sin núcleo ni clorofila, que pueden presentarse desnudas o con una cápsula gelatinosa, aisladas o en grupos y que pueden tener cilios o flagelos.

**Bacterias aerobias:** Bacterias que se reproducen en presencia del oxígeno y se transmiten a través del aire.

**Bacterias anaerobias:** Organismo procariota (cuyo ADN no está confinado en el interior de un núcleo, sino extendido en el citoplasma), que vive en ausencia de aire y que participa en la digestión del material fósil que da origen a los hidrocarburos como el petróleo.

**Coliformes fecales:** Grupo bacteriano presentes en los intestinos de los mamíferos y los suelos, que representan una indicación de la contaminación fecal del agua.

**Coliformes totales:** Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados.

**Escherichia Coli:** Se trata de una enterobacteria que se encuentra generalmente en los intestinos animales, y por ende en las aguas negras, pero se lo puede encontrar en todos lados, dado que es un organismo ubicuo.

**Temperatura:** Es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro.

**pH:** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

**Elementos químicos:** es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase.

## **ANEXO 2**

### **NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.01:08**

Ministerio de Salud



### **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**

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

Ruben Aleman	Alcantarillados.(1) Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.(1)
Marcela Fuentes Guillén	Defensoria 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	Asociacion Nacional de la Empresa Privada ANEP (3)
Ana Cecilia Hernandez	INDUSTRIAS LA CONSTANCIA (3)
Eliú Flores	Universidad Tecnica 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 debe cumplir 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 de sangre 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	Limite 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 <sup>1)</sup>
Sabor	-	No Rechazable
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000 <sup>2)</sup>
Turbidez	UNT	5 <sup>3)</sup>
Temperatura	°C	No Rechazable

1)  
Límite Mínimo Permissible 6.0 Unidades

2)  
Por las condiciones propias del país.

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

Tabla 3 Valores para Sustancias Químicas

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

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	Limite Máximo Permissible <sup>1)</sup> mg/l
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02

Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>1)</sup>	45.00
Nitrito (Medido como Nitrógeno) <sup>1)</sup>	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

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

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

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

Parámetro	Límite Máximo Permisible (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

<b>PARÁMETRO</b>	<b>LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (µg/litro)</b>
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
Dichloropropeno	100
Dimetoateo	6
Endrin	0,6
Fenoprop	9
Hexaclorobenzeno	1
Isoproturon	9
Lindano	0.3

MCPA (4-cloro-2-metilfenoxi)Acido acetico	2
Mecoprop	10
Metoxycloro	20
Metolacoloro	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9
Simazine	2
2,4,5-T Acido Acetico, (2,4,5-triclorofenoxi)	9
Terbutilazina	7
Trifluralín	20

Tabla 7. Valores para desinfectantes y subproductos de la desinfección

<b>PARAMETRO</b>	<b>Limite maximo permisible (□g/l)</b>
Bromato	10
Bromodiclorometano	60
Bromoformo	100
Hidrato de coral (tricloroacetaldehido)	10
Clorato	700
Clorito	700
Cloroformo	200
Cloruro de cianógeno	70
Dibromoacetoneitrilo	70
Dibromoclorometano	100
Dicloroacético	40
Dicloroacetoneitrilo	20
Formaldehido	900
Monocloroacetato	20
Tricloroacético	200
2,4,6-triclorofenol	200

Trihalometanos totales	<p>100</p> <p>La sumatoria de la relación de la concentración con sus valores máximos admisibles no debe de exceder a uno</p> <p>□ <math>C/LMP \leq 1</math></p>
------------------------	--

Tabla 8. Valores para cloro residual

PARÁMETRO	Limite 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 limite 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 Limites de los parámetros radioactivos para el agua potable  
(Radionúclidos)

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Limite máximo permisible</b>
Alpha Global	15 (pCi/L) <sup>1)</sup> equivalente a dosis anual
Actividad partícula beta y fotones	4 (mrem <sup>2)</sup> /año)equivalente a dosis anual
Radio 226 y 228	5 (pCi/L) <sup>1)</sup> 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:

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

Tabla 11 Intervalos entre muestras para análisis bacteriologico

<b>Tamaño de población ( habitantes)</b>	<b>Periodo máximo entre muestras consecutivas</b>
< 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-químico.

N°	Parámetro	Tipo de Análisis		
		Mínimo	Normal	Completo
<b>MICROBIOLOGICOS</b>				
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
<b>ORGANOLEPTICOS</b>				
1	Color verdadero		X	X
2	Olor <sup>1</sup>		X	X
<b>FISICO-QUIMICOS</b>				
1	Temperatura		X	X
2	Turbidez	X	X	X
3	pH		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

<b>SUSTANCIAS NO DESEABLES</b>				
1	Nitratos			<b>X</b>
2	Nitritos			<b>X</b>
3	Boro			<b>X</b>
4	Hierro		<b>X</b>	<b>X</b>
5	Manganeso		<b>X</b>	<b>X</b>
6	Flúor			<b>X</b>
<b>SUSTANCIAS TOXICAS</b>				
1	Bario		<b>X</b>	<b>X</b>
2	Arsénico		<b>X</b>	<b>X</b>
3	Cadmio		<b>X</b>	<b>X</b>
4	Cianuros		<b>X</b>	<b>X</b>
5	Cromo		<b>X</b>	<b>X</b>
6	Mercurio		<b>X</b>	<b>X</b>
7	Níquel		<b>X</b>	<b>X</b>
8	Plomo		<b>X</b>	<b>X</b>
9	Antimonio		<b>X</b>	<b>X</b>
10	Selenio		<b>X</b>	<b>X</b>
11	Plaguicidas organoclorados			<b>X</b>
12	Plaguicidas Organofosforados			<b>X</b>
13	Plaguicidas Carbamatos			<b>X</b>
14	Sub-productos de la desinfección (THM)			<b>X</b>

### 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.

<b>TAMAÑO DE POBLACION (HABITANTES)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>NORMAL</b>	<b>COMPLETO</b>
□ 25,000	<b>1 muestra mensual</b>	<b>1 muestra bi mensual</b>	<b>1 muestra anual</b>
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 Tecnica 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 20<sup>th</sup> Edition.

Normas Provinciales de Calidad y Control de Agua para Bebida, Resolucion Di.P.A.S 608/93, Direccion de agua y saneamiento de la Cordoba . España.

## 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
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 químicos

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 Desinfección	Cromatográfico

**Tabla 17 Recipientes para muestreo y preservación de muestras**

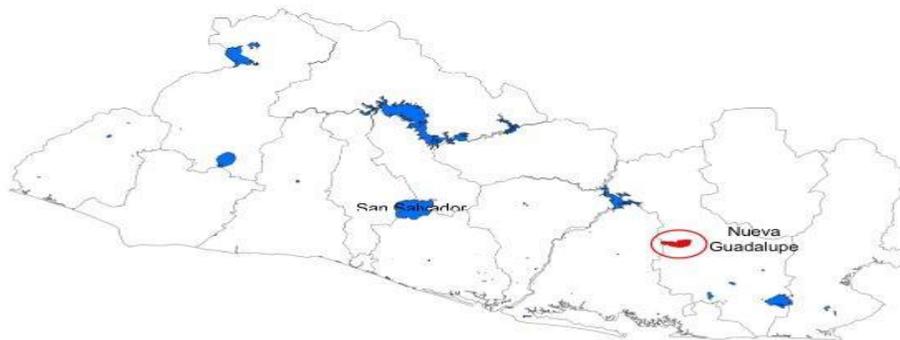
Parametros	Recipientes	Preservantes	Tiempo de almacenamiento recomendado/obligado	Volumen minimo de muestra (ml)
Acido nitrilotriacético (ATN)	Polietileno-Vidrio	5 ml. HCl Conc. Muestra tratado con 0.5 de sol. de formaldehído al 37 %, filtrar usando membrana filtrante de 0.45 micras.	24 Horas	1,000
Aceites y grasas	Vidrio-Calibrado boca ancha	Enfriar, a 4 °C con 5 ml(1:1) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l a pH < 2	24 Horas	1,000
Aluminio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Antimonio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l 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. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Boro	Polietileno	Enfriar a 4 °C	6 meses	100
Cadmio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l 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. HNO <sub>3</sub> /l 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. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Dureza	Polietileno-Vidrio	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	100
Fluoruro	Polietileno	Ninguno	28 días	300
Hierro Total	Polietileno-Vidrio	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Manganeso	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Mercurio	Polietileno(A)-Vidrio(A)	HNO <sub>3</sub> a pH < 2, enfriar a 4 °C	28 días	1,000
Molibdeno	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2 enfriar a 4 °C	7 días	1,000
Níquel	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l 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)	HNO <sub>3</sub> a pH < 2, enfriar a 4 °C	28 días	1,000
Molibdeno	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2 enfriar a 4 °C	7 días	1,000
Níquel	Polietileno(A)-Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /l 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 <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Plomo	Polietileno(A)Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /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 <sub>3</sub> /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 <sub>3</sub> /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000

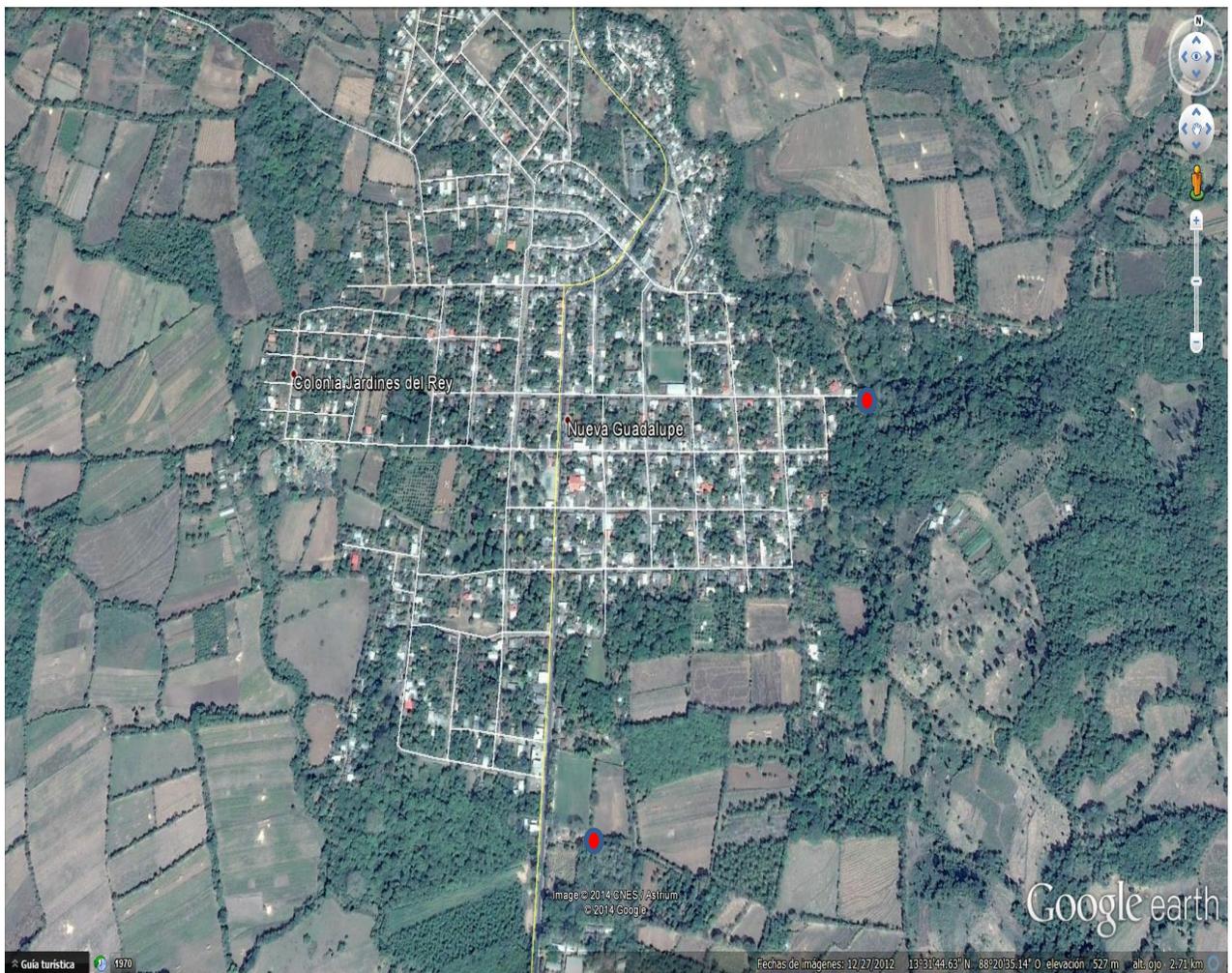
(A) = Lavado con HNO<sub>3</sub> 1+1

**--FIN DE NORMA--**

### Anexo 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE NUEVA GUADALUPE



Los puntos rojos ubican los sitios de toma de muestras.



## ANEXO 4. MATERIALES Y EQUIPOS

### TERMÓMETRO CON BULBO DE MERCURIO



### pH METRO



## ANEXO 5.



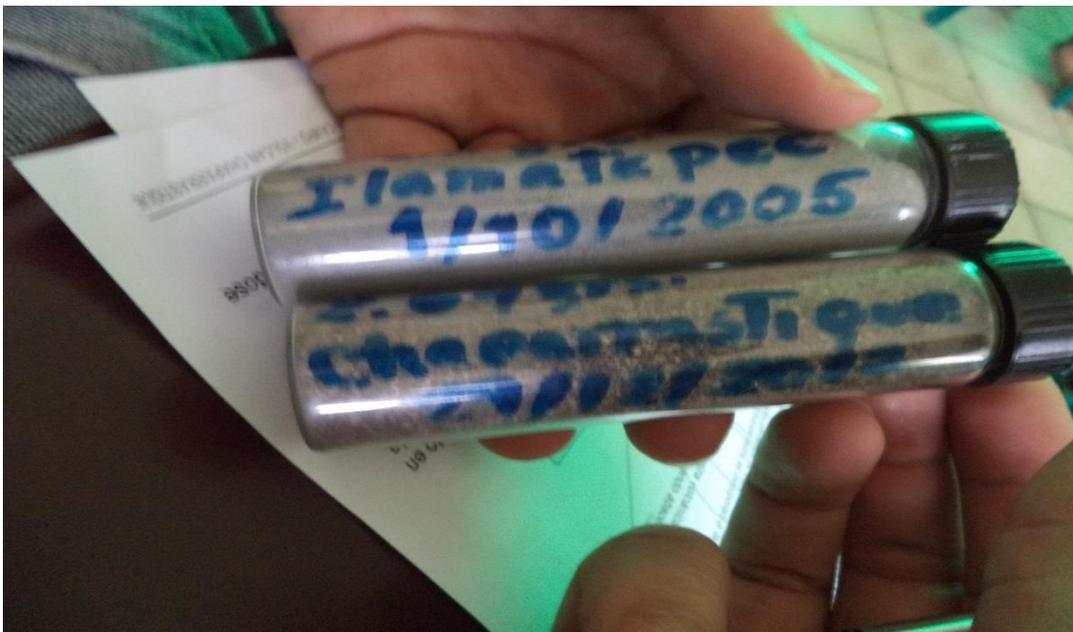
a) Sistema de bombeo del pozo industrial situado en el Barrio San Isidro de Nueva Guadalupe.



b) Sistema de bombeo del pozo industrial del Barrio el Calvario de Nueva Guadalupe.



c) Pastilla de cloro que se utiliza para la cloración de los pozos.



d) Comparación de cenizas arrojadas por el volcán Ilamatepec con el Chaparastique.

## Anexo 6.



Preparando el área de muestreo las pilas.



Esterilización del lugar de muestreo en el pozo de las pilas para análisis bacteriológico.



Esterilización del lugar de muestreo en el pozo del estadio para análisis bacteriológico.



Medición de la temperatura pozo del estadio.



Recolección de la muestra para la lectura de pH el estadio.



Medición de pH de ambas muestras en el laboratorio de química de la FMO.

## Anexo 7.



Entrega de muestras para análisis de elementos químicos en el Laboratorio de PROCAFE.

## ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.







## Anexo 8.



- a) Placas Petrifilm para el recuento de E.coli, Coliforme totales y Coliforme fecales.





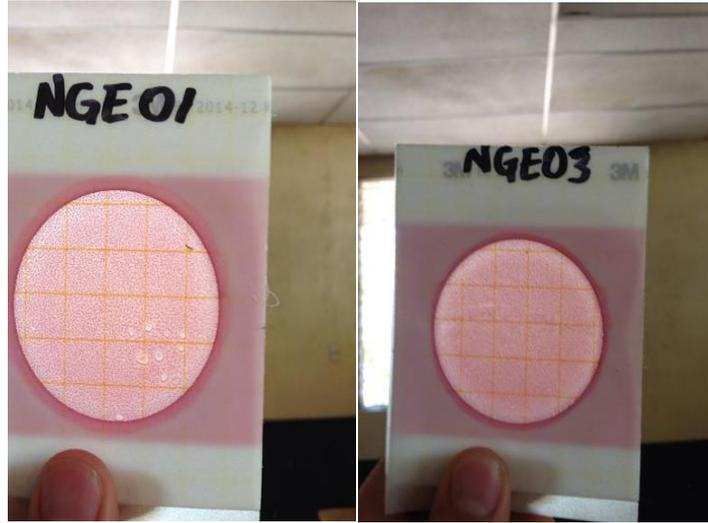
b) Inoculación de las muestras para el análisis bacteriológico de los pozos de nueva Guadalupe mediante la técnica de placas petrifil.



c) Llevar las muestras a la incubadora para el crecimiento de las bacterias por 24 horas y esperar resultados.

Anexo 9.

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO



### ANEXO 10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN EL PROCESO DE GRADUACIÓN CICLO I Y II AÑO 2014</b>																																	
<b>CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS QUIMICAS.</b>																																	
N°	Meses	ene-14				feb-14				mar-14				abr-14				may-14				jun-14				jul-14				ago-14			
	Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Actividades.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Selección del tema.																																
2	Busqueda de información científica.																																
3	Ubicación Geografica																																
4	Diagnostico (Elaboración de Instrumento)																																
5	Elaboración y Presentación del protocolo																																
6	Trabajo de Campo (Monitoreo y recolección de muestra)																																
7	Trabajo de Laboratorio																																
8	Recolección de Resultados																																
9	Análisis de Resultados																																
10	Inclusión de las conclusiones en la Teoria																																
11	Tabulación , Analisis e Interpretación de resultados																																
12	Conclusiones y recomendaciones																																
13	Elaboración del documento final																																
14	Exposicion del informe final al Docente Director y al asesor metodologico.																																
15	Exposicion y defensa del informe de investigacion																																
16	Incorporacion de obserbaciones hechas por el Tribunal.																																
17	Entrega del Informe Final Corregido.																																

Grupo de Trabajo.  
 1 Br. Virginia Elizabeth Salgado Majano.  
 2 Br. Luis Alfredo Villatoro Bolainez.

Carnet.  
 SM04006  
 VB08006



## Anexo 11.

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

Esta encuesta va dirigida a los habitantes de la zona urbana del municipio de nueva Guadalupe

Objetivo: Recopilar información sobre la posibilidad de hacer un estudio de calidad de agua en el municipio de Nueva Guadalupe, según la opinión de los habitantes respecto a lo observado en el agua después de la actividad volcánica.

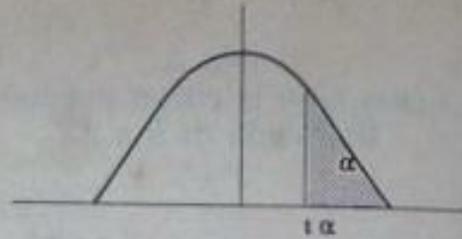
Indicación: el presente instrumento consta de diez preguntas, se sugiere contestar si o no

1. Cree usted que el agua potable está contaminada?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
2. El agua potable presenta un cambio de temperatura debido a la actividad volcánica?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
3. El agua potable es turbia al salir del grifo?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
4. Después de la erupción volcánica el agua que llega a sus viviendas presenta sedimentos como pedacitos de (rocas, tierra, partículas visibles).  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
5. El agua potable presento algún olor, color o sabor desagradable después de la actividad volcánica.  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
6. Al estar consumiendo el agua después de la actividad volcánica ha sufrido usted enfermedades gastrointestinales.  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
7. El agua potable presenta un cambio de temperatura después de la actividad volcánica?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
8. Cree usted que es necesario hacer un análisis de metales pesados al agua potable?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
9. Cree usted que es necesario hacer un análisis bacteriológico al agua potable?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_
10. Sabe usted si le dan tratamiento al agua potable?  
SI\_\_\_ NO\_\_\_

## ANEXO 12. TABLA T STUDENT

### Apéndice 2

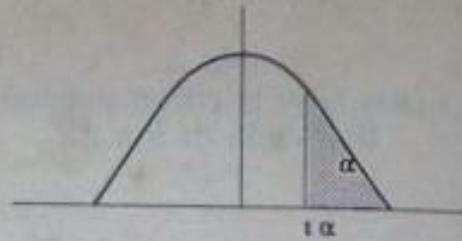
**Tabla B**  
**Distribución t de Student**  
**con v grados de libertad**



v	t <sub>.45</sub>	t <sub>.40</sub>	t <sub>.30</sub>	t <sub>.25</sub>	t <sub>.20</sub>	t <sub>.10</sub>	t <sub>.05</sub>	t <sub>.025</sub>	t <sub>.01</sub>	t <sub>.005</sub>
1	.158	.325	.727	1.000	1.376	3.08	6.31	12.71	31.82	63.66
2	.142	.289	.617	.816	1.061	1.89	2.92	4.30	6.96	9.92
3	.137	.277	.584	.765	.978	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84
4	.134	.271	.560	.741	.941	1.52	2.12	2.78	3.75	4.60
5	.132	.267	.559	.727	.920	1.48	2.02	2.57	3.36	4.03
6	.131	.265	.553	.718	.906	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71
7	.130	.263	.549	.711	.896	1.42	1.90	2.36	3.00	3.50
8	.130	.262	.546	.706	.889	1.40	1.86	2.31	2.90	3.36
9	.129	.261	.543	.703	.883	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25
10	.129	.260	.542	.700	.879	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17
11	.129	.260	.540	.697	.876	1.36	1.80	2.20	2.72	3.11
12	.128	.259	.539	.695	.873	1.36	1.78	2.18	2.68	3.06
13	.128	.259	.538	.694	.870	1.35	1.77	2.16	2.65	3.01
14	.128	.258	.537	.692	.868	1.34	1.76	2.14	2.62	2.98
15	.128	.258	.536	.691	.866	1.34	1.75	2.13	2.60	2.95
16	.128	.258	.535	.690	.865	1.34	1.75	2.12	2.58	2.92
17	.128	.257	.534	.689	.863	1.33	1.74	2.11	2.57	2.90
18	.127	.257	.534	.688	.862	1.33	1.73	2.10	2.55	2.88
19	.127	.257	.533	.688	.861	1.33	1.73	2.09	2.54	2.86
20	.127	.257	.533	.687	.860	1.32	1.72	2.09	2.53	2.84
21	.127	.257	.532	.686	.859	1.32	1.72	2.08	2.52	2.83
22	.127	.256	.532	.686	.858	1.32	1.72	2.07	2.51	2.82
23	.127	.256	.532	.685	.858	1.32	1.71	2.07	2.50	2.81
24	.127	.256	.531	.685	.857	1.32	1.71	2.06	2.49	2.80
25	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.06	2.48	2.79
26	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.06	2.48	2.78
27	.127	.256	.531	.684	.855	1.31	1.70	2.05	2.47	2.77
28	.127	.256	.530	.683	.855	1.31	1.70	2.05	2.47	2.76
29	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.76
30	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.75
40	.126	.255	.529	.681	.851	1.30	1.68	2.02	2.42	2.70
60	.126	.254	.527	.679	.848	1.30	1.67	2.00	2.39	2.66
120	.126	.254	.526	.677	.845	1.29	1.66	1.98	2.36	2.62
∞	.126	.253	.524	.674	.842	1.28	1.645	1.96	2.33	2.58

## Apéndice 2

**Tabla B**  
Distribución t de Student  
con v grados de libertad



v	t <sub>.45</sub>	t <sub>.40</sub>	t <sub>.30</sub>	t <sub>.25</sub>	t <sub>.20</sub>	t <sub>.10</sub>	t <sub>.05</sub>	t <sub>.025</sub>	t <sub>.01</sub>	t <sub>.005</sub>
1	.158	.325	.727	1.000	1.376	3.08	6.31	12.71	31.82	63.66
2	.142	.289	.617	.816	1.061	1.89	2.92	4.30	6.96	9.92
3	.137	.277	.584	.765	.978	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84
4	.134	.271	.569	.741	.941	1.53	2.13	2.78	3.75	4.60
5	.132	.267	.559	.727	.920	1.48	2.02	2.57	3.36	4.03
6	.131	.265	.553	.718	.906	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71
7	.130	.263	.549	.711	.896	1.42	1.90	2.36	3.00	3.50
8	.130	.262	.546	.706	.889	1.40	1.86	2.31	2.90	3.36
9	.129	.261	.543	.703	.883	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25
10	.129	.260	.542	.700	.879	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17
11	.129	.260	.540	.697	.876	1.36	1.80	2.20	2.72	3.11
12	.128	.259	.539	.695	.873	1.36	1.78	2.18	2.68	3.06
13	.128	.259	.538	.694	.870	1.35	1.77	2.16	2.65	3.01
14	.128	.258	.537	.692	.868	1.34	1.76	2.14	2.62	2.98
15	.128	.258	.536	.691	.866	1.34	1.75	2.13	2.60	2.95
16	.128	.258	.535	.690	.865	1.34	1.75	2.12	2.58	2.92
17	.128	.257	.534	.689	.863	1.33	1.74	2.11	2.57	2.90
18	.127	.257	.534	.688	.862	1.33	1.73	2.10	2.55	2.88
19	.127	.257	.533	.688	.861	1.33	1.73	2.09	2.54	2.86
20	.127	.257	.533	.687	.860	1.32	1.72	2.09	2.53	2.84
21	.127	.257	.532	.686	.859	1.32	1.72	2.08	2.52	2.83
22	.127	.256	.532	.686	.858	1.32	1.72	2.07	2.51	2.82
23	.127	.256	.532	.685	.858	1.32	1.71	2.07	2.50	2.81
24	.127	.256	.531	.685	.857	1.32	1.71	2.06	2.49	2.80
25	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.06	2.48	2.79
26	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.06	2.48	2.78
27	.127	.256	.531	.684	.855	1.31	1.70	2.05	2.47	2.77
28	.127	.256	.530	.683	.855	1.31	1.70	2.05	2.47	2.76
29	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.76
30	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.75
40	.126	.255	.529	.681	.851	1.30	1.68	2.02	2.42	2.70
60	.126	.254	.527	.679	.848	1.30	1.67	2.00	2.39	2.66
120	.126	.254	.526	.677	.845	1.29	1.66	1.98	2.36	2.62
∞	.126	.253	.524	.674	.842	1.28	1.645	1.96	2.33	2.58