

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 UTILIZADA PARA EL
RIEGO DE HORTALIZAS PRODUCIDAS BAJOS SISTEMAS
HIDROPÓNICOS: CASO PRÁCTICO COOPERATIVA DEL
CANTÓN EL LIMÓN JURISDICCIÓN DE DELICIAS DE
CONCEPCIÓN, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN”.

PRESENTADO POR:

JORGE ISAAC HERNÁNDEZ ARGUETA
MIRIAN YOLANDA LÓPEZ SORTO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS

DOCENTE DIRECTOR:

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

ASESOR METODOLÓGICO:

LIC. RENE SEGOVIA CALDERÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, 7 DE ABRIL DE 2017
SAN MIGUEL EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES

LIC. ROGER ARMANDO ARIAS
RECTOR

DR. MANUEL DE JESÚS JOYA
VICE-RECTOR ACADÉMICO

LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ
SECRETARIA GENERAL

LIC. NORA BEATRIZ MELÉNDEZ
FISCAL GENERAL INTERINA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ
DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ
VICE-DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ
SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

LIC. JOSÉ ALCIDEZ MARTÍNEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO

LIC. PEDRO ULISES NAVARRO
COORDINADOR DE LA SECCIÓN

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 ANTECEDENTES DEL FENÓMENO	14
1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	16
1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	17
1.4 JUSTIFICACIÓN	18
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
CAPITULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1 MARCO HISTÓRICO	21
2.2 DESAFÍOS RELACIONADOS CON LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ÁFRICA	23
2.3 ASIA Y EL PACIFICO.....	24
2.4 AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	25
2.5 GENERALIDADES DEL AGUA	26
2.6 PARÁMETROS FÍSICOS	29
2.7 METALES PESADOS	33
2.8 EL PLOMO.....	35
2.9 EL PLOMO EN LA SALUD HUMANA	36

2.10 EL CADMIO	37
2.11 EL CADMIO EN LA SALUD HUMANA.....	41
2.12 MICROBIOLOGICO	42
CAPITULO III.....	45
3.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO	45
3.2 HIPÓTESIS NULAS.....	46
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	48
3.4 VARIABLES DE ESTUDIO.....	48
3.5 PRUEBA DE HIPOTESIS	48
CAPITULO IV	49
DISEÑO METODOLÓGICO.....	49
4.1 TIPO DE ESTUDIO POBLACIONAL	49
4.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	50
4.3 PUNTO DE MUESTREO	50
4.4 INDICACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	51
4.5 TRANSPORTE DE LA MUESTRAS	52
4.6 UNIVERSO DEL ESTUDIO.....	53
4.7 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	53
4.8 TIEMPO DE ESTUDIO.....	53
4.9 INDICADORES MEDIDOS	53
4.10 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN LOS DIFERENTES ANÁLISIS	54

4.11 ANÁLISIS FÍSICO:.....	54
4.12 ANÁLISIS QUÍMICO	54
4.13 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	55
CAPITULO V	58
ANALISIS DE RESULTADOS	58
5.1 ANÁLISIS FÍSICO	58
5.2 ANÁLISIS QUÍMICO.....	60
CAPITULO VI	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
6.1 CONCLUSIONES	75
6.2 RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	81
ANEXO NÚMERO 1	82
ANEXO NÚMERO 2 FOTOGRAFÍAS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO NÚMERO 3: ANALISIS DE RESULTADOS QUÍMICOS	¡Error!
Marcador no definido.	
ANEXO NÚMERO 4: TABLA DE COMPARACION DE ANALISIS	
MICROBIOLOGICO	¡Error! Marcador no definido.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a DIOS TODOPODEROSO por brindarnos el regalo de la vida y su protección divina en el transcurso de los años de estudios que hoy culminamos.

A la Facultad Multidisciplinaria Oriental Universidad de El Salvador por darnos la oportunidad por una buena formación académica y guiarnos hacia un futuro mejor, convirtiéndonos en personas de amplio criterio y liderazgo para la sociedad.

A todas y cada una de las personas que contribuyeron a nuestra formación académica brindándonos su apoyo, confianza, comprensión y sobre todo compartiendo sus conocimientos especialmente al Lic. Cristóbal Hernán Ríos (docente director), Lic. Rene Segovia Calderón (asesor metodológico) por su apoyo incondicional en la culminación de nuestra carrera; a todos los Licenciados de Licenciatura en Ciencias Químicas por todos sus consejos aprecio y enseñanza en el transcurso de nuestra formación.

Por su apoyo incondicional les agradecemos de todo corazón

Atentamente. JORGE ISAAC HERNANDEZ ARGUETA

MIRIAN YOLANDA LOPEZ SORTO

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por darme sabiduría, comprensión y guiarme para seguir en el camino indicado, para poder culminar satisfactoriamente mi carrera.

A MIS PADRES

Encarnación Hernández Aguilar

María Gilma Argueta de Hernández.

A MIS HERMANOS

Por estar en los momentos más difíciles de mi vida, sus sugerencias y consejos fueron valiosos y constructivos.

A KATE HAWTHORNE FERRIER

Por su apoyo incondicional a lo largo de mi trayectoria académica.

A MIS ASESORES DE LA TESIS

Lic. Cristóbal Hernán Ríos.

Lic. Rene Segovia calderón.

Han hecho aportaciones invaluable y de gran utilidad para desarrollar de mejor manera mi trabajo de grado.

JORGE ISAAC HERNANDEZ ARGUETA

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por darme sabiduría, comprensión y guiarme para seguir en el camino indicado, para poder culminar satisfactoriamente mi carrera.

A MIS PADRES

José Alberto López y Olga Mirian Sorto por haberme apoyado económicamente y moralmente a través de todos estos años para verme convertida en una profesional.

A MI HIJO

Alejandro Rene Alegría López por ser mi inspiración para realizar este proyecto, es mi luz y mi fuerza para continuar cada día y cumplir mis metas propuestas.

A MIS HERMANOS

Dina Aracely López y Erick Alberto López por estar en los momentos más difíciles de mi vida, sus sugerencias y consejos fueron valiosos y constructivos.

A MIS AMIGOS

A todos mis amigos y compañeros de la carrera de Licenciatura en Ciencias Químicas por su aporte incondicional en mi formación académica y especialmente a Marina Saz por ser una valiosa

compañera y amiga quien me ha apoyado durante todo el periodo de estudio.

A MIS ASESORES DE LA TESIS

Lic. Cristóbal Hernán Ríos.

Lic. Rene Segovia calderón.

Han hecho aportaciones invaluableles y de gran utilidad para desarrollar de mejor manera mi trabajo de grado.

MIRIAN YOLANDA LOPEZ SORTO

RESUMEN

En este trabajo se demuestra la calidad de agua utilizada para riego en cultivos hidropónicos en la Cooperativa del Cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán, a través de la utilización de diferentes métodos físicos, químicos y microbiológicos para determinar la presencia de contaminantes en el agua, provocando un deterioro de este recurso renovable, el cual es más que indispensable en la vida de todo ser.

Para detener este desastre, existen diversos procesos de depuración y potabilización del agua, los cuales requieren de cierta concientización de la población y una fuerte campaña de educación, para comprender su uso y efecto.

INTRODUCCIÓN.

El agua es un elemento esencial para la vida y todos somos conscientes que es necesaria para todos los seres vivos, para la producción de alimentos, electricidad, mantenimiento de la salud. También es requerida en el proceso de elaboración de muchos productos industriales, medios de transporte y es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra. El agua forma parte de todos los procesos naturales de la tierra, por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida.

Sin la seguridad de tener acceso a agua de calidad, los humanos no podríamos sobrevivir por mucho tiempo. Las enfermedades relacionadas con el agua en mayores casos se presentan en los países en desarrollo.

El agua utilizada para riego de cultivos hidropónicos en El Cantón El Limón municipio de Delicias de concepción departamento de Morazán, se desconoce si presenta muchos problemas de contaminación; existe una debilidad en la administración del recurso por falta de aplicación y control de los sistemas de regulación, esto como efecto de la baja capacidad local para darle un uso correcto al

agua y conservar sus propiedades para consumo humano, El presente estudio plantea un análisis químico, físico y bacteriológico de la calidad del agua que se utiliza para riego en los cultivos de hortalizas hidropónicas ubicados en el Cantón El Limón municipio de Delicias de Concepción departamento de Morazán.

En vista que no existe un estudio sistemático de análisis de la calidad del agua, debido a esto es importante realizar un estudio para determinar el grado de contaminación existente y así mismo caracterizar qué tipo de contaminantes están causando este fenómeno y comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos por la norma de calidad de agua de riego establecido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y así valorar los contaminantes que tienen menor efecto hasta los que contaminan más, en la zona.

Esto va permitir conocer el recurso hídrico que se está utilizando en los cultivos y valorar las condiciones necesarias para su tratamiento, para satisfacer las necesidades actuales de la población, mejorando sus condiciones de vida, impulsando de esa forma el desarrollo del municipio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL FENÓMENO

Los recursos hídricos se encuentran en peligro, por ende están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad por efectos de contaminantes, contaminación que puede ser generada por animales de la zona, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde regular dicho recurso.

Según información brindada por el señor Santana Hernández Sorto promotor de salud, designado al Cantón El Limón del municipio de Delicias de Concepción manifiesta que no se ha realizado ningún estudio de calidad de agua, además dicho recurso se obtiene de una fuente natural a la cual no se le aplica ningún tipo de tratamiento.

La señora Maribel Sorto dueña de la propiedad donde está montado el invernadero y además socia del proyecto, manifiesta

que son 18 familias las beneficiadas, distribuyendo una cosecha por año valorada en un monto económico de \$12,000.00 cosecha que es distribuida a vendedores mayoristas privados.

El agua que se utiliza para riego en dicho cultivo hidropónico es tomada de una fuente natural (quebrada), que hasta la fecha no se ha realizada ningún tipo de análisis pero está siendo solicitado por el Ministerio de Salud, debido a esto las personas involucradas en el caso han manifestado que es de mucha importancia la realización de un análisis físico-químico y bacteriológico para respaldar mediante estudios científicos la calidad del agua suministrada en el lugar.

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La cooperativa del invernadero ubicado en el cantón El Limón jurisdicción de Delicia de concepción del departamento de Morazán se abastece de agua a través de una fuente natural debido a que parte de la cosecha de tomate es consumida por la comunidad ellos se ven en la necesidad de conocer la calidad de agua que están utilizando para sus cultivos por esta razón en coordinación con la directiva de la cooperativa se realiza el estudio de la calidad del agua.

Con los resultados obtenidos de la información se informara el grado de contaminación o de calidad que esta presenta acompañada se sugerencias en base a los resultados obtenidos

1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la calidad del agua utilizada para el riego de hortalizas producidas bajos sistemas hidropónicos en la Cooperativa del Cantón El Limón Jurisdicción de Delicias de Concepción, Departamento de Morazán?

1.4 JUSTIFICACIÓN

Considerando los parámetros esenciales para el logro de un estudio de la calidad del agua, se determina como aspecto principal los efectos generados en los cultivos de hortalizas hidropónicas a partir de su riego.

Por tanto se considera importante indagar, conocer, comprender y describir de manera clara y concreta cuales son los indicadores y aspectos que se aplican para calificar que el agua cumple con los parámetros establecidos por la norma de calidad de agua.

Según el señor Santana Hernández Sorto promotor de Salud encargado del Cantón El Limón jurisdicción del Municipio de Delicias de Concepción manifiesta que en la zona se dan con frecuencia problemas gastrointestinales en las personas del lugar, problema que podría ser causado por varios factores entre ellos el consumo de agua no potabilizada.

Una combinación de problemas económicos y socioculturales sumados a una carencia de programas de superación de la pobreza, ha contribuido a personas que viven en condiciones

precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la calidad del recurso del agua; las carencias de medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible del vital líquido.

Para la comunidad de socios involucrados en el proyecto de cultivo de hortalizas hidropónicas del Cantón El Limón del Municipio de Delicias de Concepción es de vital importancia la realización de un análisis físico-químico y bacteriológico al recurso hídrico utilizado para riego de los cultivos y comparar dichos resultados con la norma establecida por el Ministerio de salud.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar análisis, físico-químico y bacteriológico en el agua utilizada para el riego de hortalizas hidropónicas en la estación de producción ubicadas en cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción del departamento de Morazán.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas del agua utilizada para riego en los cultivos de hortalizas.
- Verificar la presencia de Plomo y Cadmio en el agua utilizada para riego en el cultivo de hortalizas hidropónicas mediante el método de Fotométrico.
- Determinar la presencia de Escherichia coli, Coliformes totales y Coliformes fecales utilizando el método de tubos múltiples
- Comparar los resultados obtenidos con los parámetros analizados con la norma de agua establecida por el Ministerio de salud.
- Proponer soluciones alternativas en base a los resultados obtenidos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO HISTÓRICO

La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a más de 6.000 millones de seres humanos, se enfrenta en este comienzo del siglo veintiuno con una grave crisis del agua. Todas las señales parecen indicar que la crisis se está empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva.

Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados. La verdadera tragedia de esta crisis, sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos, luchando por conseguir una educación para sus hijos, por ganarse la vida y por solventar a sus necesidades básicas de alimentación ^{1 (pag 4)}

La Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente de Dublín, en 1992, estableció cuatro Principios, que siguen siendo válidos (Principio N.º 1, «El agua dulce es un recurso finito y

vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente»; Principio N.º 2, «El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles»; Principio N.º 3, «La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua»; Principio N.º 4, «El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico»¹ (pag 5)

La variabilidad en la disponibilidad de agua en el tiempo también puede ser significativa. Algunas áreas del planeta experimentan cambios dramáticos en la disponibilidad de agua durante meses, creando variación estacional en la oferta y la demanda en temporadas de lluvia y secas. Esta variabilidad estacional y la escasez de agua que resulta de los períodos secos pueden verse encubiertas por los promedios anuales de la disponibilidad de agua.

¹ (pag 17)

2.2 DESAFÍOS RELACIONADOS CON LOS RECURSOS

HÍDRICOS EN ÁFRICA

La región del África subsahariana enfrenta numerosos desafíos relacionados con el agua que limitan el crecimiento económico y amenazan el sustento de su gente.

La agricultura africana es básicamente de secano, y menos del 10% de sus tierras cultivables son de regadío (Banco Mundial). Existe una variabilidad significativa entre los climas y las características de los recursos hídricos. Por lo tanto, el impacto del cambio climático y la variabilidad son muy pronunciados.

La fuente principal de electricidad es la energía hidroeléctrica, la que contribuye de manera significativa a la capacidad energética instalada en la actualidad. Las continuas inversiones a lo largo de la última década han incrementado la cantidad de energía generada.

Las soluciones a los desafíos del agua en lo referente a energía y seguridad alimentaria se han visto obstaculizadas por la gran brecha que existe en las infraestructuras hídricas y la limitada capacidad de gestión y desarrollo del agua para suplir las demandas de una población que crece rápidamente. Esto se ve

agravado por el hecho de que África tiene las tasas de urbanización más rápidas del mundo.

Lo más significativo es que el desarrollo y gestión del agua son mucho más complejos debido a los múltiples recursos hídricos transfronterizos (ríos, lagos y acuíferos). Alrededor del 75% del África subsahariana está comprendida dentro de 53 cuencas hidrográficas que cruzan diversas fronteras (Banco Mundial). Esta limitación puede convertirse también en una oportunidad si el potencial de cooperación transfronteriza se aprovecha para el desarrollo de los recursos hídricos del área. Por ejemplo, un análisis multisectorial del río Zambezi muestra que la cooperación ribereña podría originar un 23% de incremento en la producción de energía firme sin necesidad de inversiones adicionales (Banco Mundial) ² (pag 66)

2.3 ASIA Y EL PACIFICO

Con una población de 4.300 millones de personas, que representa el 60% de la población mundial (CESPAP, 2014a), la región de Asia y el Pacífico genera un tercio del PIB mundial, con perspectivas continuas de un crecimiento económico “ávido” y la necesidad de

garantizar un suministro de agua seguro y accesible para afrontar los temas de desigualdad de ingresos, pobreza y desempleo.

Más de 1.700 millones de personas en la región de Asia y el Pacífico siguen sin tener acceso a servicios de agua y saneamiento mejorados (UNICEF, s.f.), y más del 85% de aguas residuales no tratadas suponen un riesgo de “desastre silencioso” (2ª APWS, 2013a, 2013b) por la contaminación de los recursos hídricos de superficie y subterráneos y de los ecosistemas costeros (CESPAP, 2010). Más del 50% de los desastres naturales recientes en el mundo han ocurrido en la región de Asia y el Pacífico como resultado de la intensificación del cambio climático (CESPAP, 2014b), que ha afectado a la infraestructura de suministro de agua. Desde 1970 se han reportado más de 4.000 desastres relacionados con el agua. ^{2 (pag 77)}

2.4 AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

La región de América Latina y el Caribe tiene abundantes recursos hídricos, pero estos varían de manera significativa en toda la región. Juegan un papel estratégico en el desarrollo socioeconómico de la región y en la creación de empleo. Las economías regionales se apoyan muchísimo en la explotación de los recursos naturales,

especialmente la minería, la agricultura (incluyendo los biocombustibles), la silvicultura, la pesca y el turismo.

La mayoría de los productos de exportación regionales y el empleo relacionado con los mismos utilizan el agua de manera intensiva, ya sea porque utilizan el agua en el proceso de producción (en particular la agricultura de regadío y la minería, los alimentos, la pulpa y el papel y las industrias petroquímicas y textiles ² (pag 85)

2.5 GENERALIDADES DEL AGUA

Agua potable: es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

Agua dura: agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve mal en las aguas duras.

Agua blanda: agua sin dureza significativa. ¹¹

Agua contaminada: es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, agrícolas entre otros. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen imposible para beber, para el aseo personal y contiene sustancias tóxicas o microbios en niveles tan

altos que son perjudiciales a la salud humana y a los ecosistemas.

7(pag 2)

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

Agua superficial: toda agua natural abierta a la atmósfera, como la de ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales. ¹¹

El agua es una sustancia incolora, inodora y no tiene sabor. Sin embargo, el agua no siempre se presenta así, porque sus propiedades pueden ser alteradas y en este caso no sería apta para el consumo. Las sustancias que contaminan el agua se presentan en una de estas formas

- ❖ Sólidos gruesos flotantes.
- ❖ Sólidos fácilmente sedimentables.
- ❖ Sólidos muy finos en suspensión en el agua (coloides: sólidos disueltos).

La presencia y concentración de los sólidos en el agua depende de las características de la cuenca (vegetación, suelos, estado) y del tiempo (invierno, verano)

Estos tipos de sólidos determinan tres tipos de características que se ven a continuación.

En El Salvador se estima que para la primera década del 2000, el 71% del país carecerá de agua. La mitad de los salvadoreños actualmente no tienen acceso al agua potable. ^{7 (pag 9)}

La calidad de agua se define a través de los niveles establecidos por las normas técnicas de calidad ambiental, donde se encuentra en equilibrio su composición química, física y biológica.

¿Cómo sabemos si el agua es de buena calidad?

A veces usamos los sentidos para determinar si nuestra fuente de agua es de buena calidad. Estas son algunas propiedades físicas del agua:

Apariencia: sabor, color y olor

Temperatura: entre más fresca es el agua es mejor. ^{8 (pag 2)}

Los parámetros físicos están referidos a las cualidades físicas como temperatura, color, turbidez y olor, que se pueden observar o medir con facilidad. Los parámetros químicos se refieren a la composición química del agua. En otras palabras se puede medir la cantidad de elementos químicos como jabones, metales (ej. Plomo y Cadmio) pesticidas y fertilizantes que contiene una muestra de agua. ^{8 (pag 3)}

Los parámetros biológicos, se refiere a los diferentes organismos biológicos existentes en el agua (plancton como algas, bacterias y virus). Normalmente es más difícil para determinar los parámetros químicos y biológicos del agua.

Debido a que se necesita usar técnicas analíticas para determinarlos. Por ejemplo, si una muestra de agua parece muy clara no se puede decir que es pura. Puede ser que esté contaminada por un químico o una bacteria que sea demasiado pequeña para ver con nuestros ojos. En este caso hay que llevar una muestra de esta agua al laboratorio en donde se hacen algunos análisis técnicos para ver que contiene el agua. ^{8 (pag 3)}

2.6 PARÁMETROS FÍSICOS

El color: de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a

veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada, el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión.

El color de las aguas se determina por comparación con una escala de patrones preparada con una solución de cloruro de platino y cloruro de cobalto. El número que expresa el color de un agua es igual al número de miligramos de platino que contiene un litro patrón cuyo color es igual al del agua examinada.

Se acepta como mínimo 0,2 y como máximo 12 mg de platino por litro de agua.

Olor: Está dado por diversas causas. Sin embargo los casos más frecuentes son:

1. debido al desarrollo de microorganismos,
2. a la descomposición de restos vegetales,
3. olor debido a contaminación con líquidos cloacales industriales,
4. olor debido a la formación de compuestos resultantes del tratamiento químico del agua.

Las aguas destinadas a la bebida no deben tener olor perceptible.

Se entiende por valor umbral de olor a la dilución máxima que es necesario efectuar con agua libre de olor para que el olor del agua original sea apenas perceptible.

Se aceptan como valores máximos para un agua óptima 2 a 10 unidades

El sabor: Está dado por sales disueltas en ella. Los sulfatos de hierro y manganeso dan sabor amargo. En las calificaciones de un agua desempeña un papel importante, pudiendo ser agradable u objetable.

Determinación de pH: El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5, son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. Para determinarlo usamos métodos colorimétricos o potenciométricos.

Para poder decidir sobre la potabilidad del agua se requiere el control de un número elevado de parámetros químicos y determinados parámetros bacteriológicos. Dentro de los primeros cobra especial importancia el amonio, los nitratos y nitritos, indicadores de contaminación por excelencia.¹⁰

Amonio: Este ion tiene escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones, puede significar contenido aumentado de bacterias fecales, patógenos etc., en el agua. La formación del amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo la primera etapa inorgánica del proceso.

Nitritos: Estos representan la forma intermedia, meta estable y tóxica del nitrógeno inorgánico en el agua. Dada la secuencia de oxidación bacteriana: proteínas → amonio → nitritos → nitratos, los nitritos se convierten en importante indicador de contaminación, advirtiendo sobre una nitrificación incompleta.

Nitratos: La existencia de éstos en aguas superficiales no contaminadas y sin aporte de aguas industriales y comunales, se debe a la descomposición de materia orgánica (tanto vegetal como animal) y al aporte de agua de lluvia (0,4 y 8 ppm).⁸

Cloruros: Todas las aguas contienen cloruros. Una gran cantidad puede ser índice de contaminación ya que las materias residuales de origen animal siempre tienen considerables cantidades de estas sales. Un agua con alto tenor de oxidabilidad, amoníaco, nitrato, nitrito, caracteriza una contaminación y por lo tanto los cloruros tienen ese origen. Pero si estas sustancias faltan ese alto tenor se

debe a que el agua atraviesa terrenos ricos en cloruros. Los cloruros son inocuos de por sí, pero en cantidades altas dan sabor desagradable.

Valor máximo aceptable: 350 mg/l.

2.7 METALES PESADOS

Los metales pesados se definen arbitrariamente como aquellos metales cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la densidad del agua. Dichos metales se encuentran en forma natural de la corteza terrestre, en diferentes concentraciones y en algunos lugares en forma muy concentrada constituyendo yacimientos minerales, aunque los metales tienen muchas propiedades físicas en común su reactividad es muy variada y mucho más son sus efectos tóxicos sobre la salud humana, solo unos pocos de ellos tienen importancia desde el punto de vista de la contaminación ambiental.

Entre los que se consideran como contaminantes se mencionan: el cobre, mercurio, estaño, plomo, cadmio, vanadio, cromo, arsénico, molibdeno, magnesio, cobalto y níquel.

Muchos metales pesados en mínimas cantidades son indispensables para la vida, sin embargo pueden ser tóxicos ya que estos son acumulados en diferentes tejidos de nuestro cuerpo.

Un metal puede considerarse tóxico si es perjudicial para el crecimiento o el metabolismo de las células al exceder de ciertas concentraciones.⁸

La toxicidad de un metal depende de su vía de administración y del compuesto químico al que está ligado. La combinación de un metal con un compuesto orgánico puede aumentar o disminuir sus efectos tóxicos sobre las células.

Los efectos de los metales pesados en la salud humana han sido estudiados por la toxicología durante mucho tiempo. La utilización de los distintos procesos

Tecnológicos han provocado la contaminación en diferentes niveles para los distintos metales así el plomo como metal de elevada densidad, bajo punto de fusión y alto punto de ebullición constituye un elemento de contaminación.

2.8 EL PLOMO

Es un metal pesado de símbolo (Pb) y es un elemento químico básico, que combinado con otros elementos químicos produce diferentes compuestos comerciales (Morante Alvarado, 2001). El plomo es de color gris azulino, existe en forma natural en pequeñas cantidades, se calcula en un 0.00002 % de la corteza terrestre, tiene un punto normal de fusión de 327.4°C, un punto normal de ebullición de 1770 °C y una densidad de 11.35 g/mL. Forma compuestos con los estados de oxidación de + 2 y + 4, siendo los más comunes los del estado de oxidación + 2. El plomo es anfótero por lo que forma sales. El plomo se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente. La mayor parte proviene de actividades como la minería, la producción de materiales industriales y de quemar combustibles fósiles.

El plomo tiene muchos usos diferentes. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con rayos X. El formiato de plomo $Pb(CH_2)_2$, es utilizado en la fabricación de insecticidas

Debido a inquietudes sobre salud pública, en años recién pasados se ha reducido en forma dramática la cantidad de plomo en gasolina, pinturas y cerámicas y en materiales para soldar .¹¹

2.9 EL PLOMO EN LA SALUD HUMANA

El plomo no desempeña ninguna función en el organismo humano; su importancia es debido a sus propiedades tóxicas y no por sus aplicaciones ni por sus propiedades terapéuticas

Los niveles tóxicos del plomo en el organismo humano son los siguientes: para población general: En muestra sanguínea de adultos hasta 0.038 mg/100ml. En muestra sanguínea de niños hasta 0.005 mg/100 ml. Para población ocupacionalmente expuesta: En sangre hasta 0.068 mg/100. Para población en peligro: En sangre hasta 0.076 mg/ 100 ml. Para población compatible con intoxicación: En sangre mayor de 0.076 mg/100 ml.⁸

Las intoxicaciones que se pueden presentar en la población general salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas, suelen ser de carácter crónico.

En la población ocupacional es frecuente encontrar tanto intoxicaciones agudas como crónicas muy características; los síntomas se agravan a medida que el nivel del plomo en sangre es mayor.

Las intoxicaciones crónicas constituyen en algunos casos problemas epidemiológicos importantes.

2.10 EL CADMIO

Es un elemento natural de la corteza terrestre. Cadmio metálico, un material dúctil y con una coloración blanco-azulado, es químicamente similar a los otros dos metales estables del grupo 12 de la tabla periódica, el zinc y el mercurio. Igual que el zinc, cadmio prefiere un estado de oxidación +2 en la mayoría de sus compuestos y como mercurio metálico tiene un bajo punto de fusión en comparación con los metales de transición.

Generalmente se encuentra como mineral combinado con otros elementos, tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio. El cadmio metálico no se corroe fácilmente y tiene muchos usos, por ejemplo en baterías, pigmentos, revestimiento de metales y plásticos.

Muchos minerales de zinc contienen cadmio como impureza y por lo tanto este metal es producto secundario en la producción de zinc. En el pasado, cadmio metálico fue utilizado durante mucho tiempo como pigmento, cobertura anti-corrosivo de acero y para la producción de baterías. Compuestos de cadmio fueron utilizados para estabilizar plástico.³

Debido a su toxicidad, es reemplazado cada vez más por otros productos menos dañinos.

Características de cadmio en el medio ambiente

1 El cadmio no se degrada en el ambiente, pero sí cambia de forma.

2 Las partículas de cadmio en el aire pueden movilizarse largas distancias antes de

Depositarse en la tierra o el agua.

3 Algunas formas de cadmio se disuelven en agua.

4 El cadmio se adhiere fuertemente a partículas del suelo.

5 Las plantas, los peces y otros animales incorporan cadmio del ambiente.

6 Existe una bioacumulación en el cuerpo humano, peces y plantas.

El cadmio es más móvil en el ambiente acuático en comparación con otros metales pesados. En agua, cadmio generalmente es presente como ion Cd^{2+} y en complejos, particularmente con materia orgánica. En suelos, pH, potencial redox y la formación de complejos con materia orgánica como ácido humínico son factores claves que afectan la movilidad de cadmio. Un incremento del pH

aumenta la absorción y reduce la biodisponibilidad, particularmente si está adsorbido a materia orgánica.

En Mollehuaca no existe evidencia ninguna de una contaminación antropogénica por cadmio, menos la actividad minera. El rango de las concentraciones normales de cadmio en suelo no contaminado generalmente oscila entre 0.01 y 0.7 mg/kg (Lindsay 2001). En Mollehuaca, las concentraciones de fondo (río arriba y abajo) están dentro de este rango con un promedio de 0.6 mg/kg⁷

Efectos a la Salud por la exposición al Cadmio

Respirar niveles altos de cadmio puede dañar gravemente los pulmones. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos produce irritación grave del estómago causando vómitos y diarrea. La exposición prolongada a niveles más bajos de cadmio en los alimentos o el agua produce acumulación de cadmio en los riñones y posiblemente enfermedad renal. Otros efectos de la exposición prolongada consisten en daño del pulmón y fragilidad de los huesos.

Los efectos de la exposición al cadmio en niños son similares a los efectos observados en adultos (daño del riñón, pulmón y los huesos dependiendo de la ruta de exposición). Algunos estudios en

animales indican que los animales jóvenes absorben más cadmio que los adultos. Los estudios en animales también indican que los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos a la pérdida de tejido óseo y al aumento de fragilidad de los huesos que ocurren a causa de la exposición al cadmio. No se sabe si el cadmio produce defectos de nacimiento en seres humanos.⁸

La exposición de animales a niveles altos de cadmio durante la preñez ha producido efectos nocivos en las crías. Animales jóvenes cuyas madres fueron expuestas al cadmio durante la preñez sufrieron alteraciones del comportamiento y capacidad de aprendizaje (disminución del cociente de inteligencia, CI). También hay alguna información de estudios en animales que indica que la exposición a niveles suficientemente altos antes de nacer puede reducir el peso de las crías y afectar el desarrollo del esqueleto.⁸

2.11 EL CADMIO EN LA SALUD HUMANA

En el caso de los humanos, el Cadmio se puede adquirir por dos vías: ingestión e inhalación. Sus efectos pueden ser divididos en dos categorías:

Agudos: fiebre de vapores de metal causada por una exposición severa; los síntomas son equivalentes a los de la gripe; en 24 horas se desarrolla generalmente un edema pulmonar agudo, el que alcanza su máximo en 3 días; si no sobreviene la muerte por asfixia, el problema puede resolverse en una semana.

Crónicos: la consecuencia más seria del envenenamiento por cadmio es el cáncer. Los efectos crónicos que primero se observan son daño en los riñones. Se piensa que el cadmio es también el causante de enfisemas pulmonares y enfermedades de los huesos (osteomalacia y osteoporosis). Los problemas óseos han sido observados en Japón (recordar también el problema con metilmercurio; Incidente Minamata), donde se les denominó como la enfermedad itai-itai (por consumo de arroz contaminado con cadmio; causa: irrigación). Otros problemas incluyen anemia, decoloración de los dientes, y pérdida del sentido del olfato (anosmia).

2.12 MICROBIOLOGICO

Debido a que un gran número de enfermedades son transmitidas por vía fecal-oral utilizando como vehículo los alimentos y el agua, es necesario contar con microorganismos que funcione como indicador de contaminación fecal. Estos deben de ser constantes, abundantes y exclusivos de la materia fecal, deben tener una sobrevivencia similar a la de los patógenos intestinales y debe de ser capaces de desarrollarse extra intestinalmente.

El grupo Coliformes es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en aguas potables, por lo que el grupo Coliformes se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua;

Conforme mayor sea el número de Coliformes en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente.

Cuando los Coliformes llegan a los alimentos, no sólo sobreviven, sino que se multiplican, por lo que en los alimentos el grupo Coliformes adquiere un significado distinto al que recibe en el agua.

En productos alimenticios que han recibido un tratamiento térmico (pasteurización, horneado, cocción, etc.), se utilizan como indicadores de malas prácticas sanitarias.

Los microorganismos Coliformes constituyen un grupo heterogéneo con hábitat primordialmente intestinal para la mayoría de las especies que involucra. El grupo de bacterias Coliformes totales comprende todos los bacilos Gramnegativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Este tipo de infecciones es muy frecuente en países subdesarrollados y afecta principalmente a los niños. Patogénesis: El microorganismo es capaz de producir dos tipos de toxina. Una toxina termolábil cuya secuencia, antigenicidad y función es similar a la toxina del cólera, la otra toxina que produce es termoestable y es de bajo peso molecular y es capaz de resistir temperaturas de ebullición hasta por 30 minutos.

La infección puede ser adquirida por el consumo de alimentos como vegetales frescos (lechuga en ensaladas) y agua. La dosis infectiva para adultos ha sido calculada en aproximadamente 10⁸ bacterias, por otra parte en jóvenes y ancianos la dosis infectiva puede ser más baja.¹³

Escherichia coli enteropatógena (ECEP). Es causa importante de diarrea en los lactantes particularmente en los países en vías de

desarrollo. La ECEP se adhiere a las células de la mucosa del intestino delgado.

Sus factores de virulencia favorecen la adhesión y en ocasiones penetra a las células mucosas. La infección por ECEP provoca diarrea acuosa generalmente auto limitada aunque en ocasiones puede ser crónica.

Las epidemias causadas por este microorganismo se deben al consumo de agua contaminada y productos cárnicos. En estudios con voluntarios se encontró que la dosis infectiva es de 10⁶ microorganismos. La diarrea por ECEP se ha vinculado con múltiples serotipos específicos de E. coli los cuales pueden ser identificados mediante la tipificación del antígeno O (somático) y en ocasiones del antígeno H (flagelar).¹³

CAPITULO III

SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

H1: El nivel de pH en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, cumple la norma salvadoreña de agua potable

H2: El nivel de Temperatura en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, cumple la norma salvadoreña de agua potable.

H3: El nivel de plomo en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, cumple la norma salvadoreña de agua potable.

H4: El nivel de cadmio en el agua usado para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, cumple la norma salvadoreña de agua potable.

H5: El número más probable de Coliformes totales en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, es cero.

H6: El número más probable de Coliformes fecales en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, es cero.

H7: El número más probable de Escherichia Coli en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, es cero.

3.2 HIPÓTESIS NULAS

Ho1: El nivel de pH en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, no cumple la norma salvadoreña de agua.

Ho2: El nivel de Temperatura en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, no cumple la norma salvadoreña de agua potable.

Ho3: El nivel de plomo en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, no cumple la norma salvadoreña de agua.

Ho4: El nivel de cadmio en el agua usado para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, no cumple la norma salvadoreña de agua.

Ho5: El número más probable de Coliformes totales en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, no es cero.

Ho6: El número más probable de Coliformes fecales en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, no es cero.

Ho7: El número más probable de Escherichia Coli en el agua usada para el riego de hortalizas en los cultivos hidropónicos, no es cero.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.4 VARIABLES DE ESTUDIO

H₁: Los parámetros de pH y Temperatura de agua suministrada en el invernadero.

H₂: La Concentración de Plomo, Cadmio y dureza total en el agua suministrada en el invernadero.

H₃: El Numero Más Probable de Bacterias Coliformes Totales, Coliformes fecales y Escherichia Coli en el agua suministrada en el invernadero.

3.5 PRUEBA DE HIPOTESIS

H1, H2, H3 y H4; se aceptan por la comprobación de los resultados mediante los diferentes métodos.

H5, H6 y H7; se rechazan por la comprobación de los resultados mediante los diferentes métodos

CAPITULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO POBLACIONAL: descriptivo y comprende cuatro partes.

- ❖ La primera: consiste en parámetros físicos tales como; pH, temperatura y conductividad eléctrica de la fuente natural de agua que abastece el invernadero de la cooperativa y comparar los resultados con la Norma salvadoreña obligatoria para la calidad de agua potable en el periodo comprendido entre Agosto y Noviembre del año 2016
- ❖ La segunda: consiste en medir la concentración de Plomo, Cadmio y dureza total de la fuente natural de agua que abastece el invernadero de la cooperativa y comparar los resultados con la Norma salvadoreña obligatoria para la calidad de agua potable en el periodo comprendido entre Agosto y Noviembre del año 2016
- ❖ La tercera: determinar la presencia o ausencia de bacterias Coliformes totales, Coliformes fecales y Escherichia coli de la fuente natural de agua que abastece el invernadero de la cooperativa y comparar los resultados con la Norma salvadoreña

obligatoria para la calidad de agua potable en el periodo comprendido entre Agosto y Noviembre del año 2016

- ❖ La cuarta: proponer sugerencias de métodos alternativos en la purificación del agua si los resultados sobrepasaron los límites establecidos por la norma salvadoreña de Calidad de agua.

Para esta actividad se estableció reunirnos con los directivos de la cooperativa con el propósito de explicar de forma detallada los métodos adecuados y viables que se pueden aplicar.

4.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Las muestras se realizaran de forma puntual, es decir un solo punto de muestreo previamente seleccionado por los investigadores en un periodo de cuatro meses.

4.3 PUNTO DE MUESTREO

El punto de muestreo se ubica en el cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán, siendo una fuente natural que suministra agua a la cooperativa de dicho lugar.

Se tomaran cuatro muestras por un periodo aproximadamente de cuatro meses para la realización de los análisis físicos, químicos y

bacteriológicos tomando en cuenta las siguientes indicaciones que a continuación se expresan

4.4 INDICACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.

1. Utilizar frascos plásticos con tapa de 1 litro de capacidad.
2. Frascos limpios o nuevos (que haya contenido agua).

NOTA: No emplear frascos de gaseosa, jugos, alimentos, etc.

3. Al llegar al punto de muestreo.
 - a. Enjuagar el frasco por lo menos 3 veces con la muestra.
 - b. Al tomar la muestra llenar completamente el frasco e inmediatamente tapar.
 - c. Mantener la muestra en contenedores a menos de 10 °C (Refrigerada, NO congelar la muestra). No requiere de preservantes.
 - d. El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis No debe exceder de 12 horas por lo que se recomienda enviar las muestras de inmediato al laboratorio.
 - e. Identificar el lugar, fecha y hora de muestreo. Tipo de muestra.

NOTA: Muestras de agua para análisis de metales se preservaran con Ácido Nítrico (1 mL de Ácido Nítrico concentrado para 1 litro de solución muestra).

4.5 TRANSPORTE DE LA MUESTRAS

Para el estudio físico y bacteriológico; la muestra se transportara en una hielera a una temperatura entre los 4°C y se llevara al laboratorio de química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador para su respectivo análisis el mismo día de la recolección.

Para los análisis químicos del agua la muestra se trasportara un día después de la recolección hacia el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador cede central. Previo al análisis se conservará la muestra a 4°C en el laboratorio de análisis de agua en la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

4.6 UNIVERSO DEL ESTUDIO.

El universo de estudio es el siguiente: una fuente natural previamente seleccionada

4.7 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La ubicación geográfica donde se encuentra el punto de muestreo es una latitud de 13.8 y una Longitud de -88.15

4.8 TIEMPO DE ESTUDIO

La investigación se realizó desde Marzo hasta Septiembre de 2016

4.9 INDICADORES MEDIDOS

- Se determina pH, temperatura de la fuente natural de agua.
- Se mide la concentración de Plomo, Cadmio y dureza total de la fuente natural de agua
- Se determina la presencia de bacterias Coliformes totales, fecales y Escherichia coli de la fuente natural de agua

4.10 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN LOS DIFERENTES ANÁLISIS

4.11 ANÁLISIS FÍSICO:

- ❖ Para la medición de la temperatura superficial se utiliza un termómetro de bulbo de Mercurio.
- ❖ Para la medición de pH, las muestras se llevaran al laboratorio de la sección de química de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador, midiéndose con un pH-metro FISHER SCIENTIFRIC Modelo AB15 marca ACCUMENT.
(Ver anexo 7)

4.12 ANÁLISIS QUÍMICO

Plomo y Cadmio

Fotometría: es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia. (ver anexo 15-18)

Dureza Total (CaCO_3):

Volumétrico: es todo aquel procedimiento basado en la medida de volumen de reactivo necesario para reaccionar con el analito. De

este modo, al medir de forma exacta el volumen de reactivo, de concentración perfectamente conocida, necesario para reaccionar completamente con el analito, podremos calcular su concentración en la muestra. En lo sucesivo a lo largo de este tema y los siguientes dedicados a análisis volumétrico, nos referiremos al mismo con los términos volumetría y/o valoración, aun teniendo claro la diferencia entre ambos. (Ver anexo 15-18)

Procedimiento para la dureza total

En un montaje típico empleado para llevar a cabo una volumetría la disolución de analito se encuentra en un vaso de precipitados o en un matraz Erlenmeyer y la disolución del reactivo en la bureta. El medio de valoración debe ser agitado de forma continua para favorecer el contacto entre las especies reaccionantes, pudiendo agitarse de forma manual, por medio de una varilla, o automática, a través de un agitador magnético. (Ver anexos 15-18)

4.13 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

La determinación de microorganismos Coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 h.,

utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa.

En la fase presuntiva el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono. Durante la fase confirmativa se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante. (Ver anexo 11)

La determinación del número más probable de microorganismos Coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 h. (Ver anexo 12)

La búsqueda de *Escherichia coli* se realiza a partir de los tubos positivos de caldo EC, los cuales se siembran por agotamiento en medios selectivos y diferenciales (Agar Mac Conkey, Agar eosina azul de metileno) y posteriormente realizando las pruebas bioquímicas básicas a las colonias típicas. (Ver anexo 14)

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS FÍSICO

Los resultados de los análisis físicos tales como temperatura y pH se presentan a continuación en los cuadros siguientes

CUADRO 1: Resultados de la determinación de temperatura del agua en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán

No de muestra	temperatura	Según la NSOCAP
1	20	18 - 30
2	22	18 - 30
3	20	18 - 30
4	21	18 - 30

RESULTADO: De las 4 muestras realizadas durante el periodo de la investigación, todos los valores de Temperatura se encuentran dentro de la NSOPCAP

CUADRO 2: Resultados de la determinación de pH del agua en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán

No de muestra	pH	Según la NSOCAP
1	6.537	6 – 8.5
2	6.476	6 – 8.5
3	6.650	6 – 8.5
4	6.554	6 – 8.5

RESULTADO: De las 4 muestras realizadas durante el periodo de la investigación, todos los valores de pH se encuentran dentro de la NSOPCAP. (Ver anexo 7)

5.2 ANÁLISIS QUÍMICO

CUADRO 3: Resultados de la determinación de Plomo en el agua en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán.

No de muestras	análisis	Resultados mg/L	Según la NSOCAP mg/L
1	plomo	0.000	0.01
2	plomo	0.000	0.01
3	plomo	0.0.0	0.01
4	plomo	0.01	0.01

RESULTADO: de las 4 muestras realizadas durante el periodo de la investigación, todos los valores de Plomo se encuentran dentro de la NSOPCAP. (Ver anexo 15 al 18)

CUADRO 4: Resultados de la determinación de Cadmio en el agua en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán.

No de muestras	Análisis	Resultados mg/L	Según la NSOCAP mg/L
1	Cadmio	0.00	0.003
2	Cadmio	0.00	0.003
3	Cadmio	0.00	0.003
4	Cadmio	0.00	0.003

RESULTADO: De las 4 muestras realizadas durante el periodo de la investigación, todos los valores de Cadmio dan cero, por lo tanto se encuentran dentro de la NSOPCAP. (Ver anexo 15 al 18)

CUADRO 5: Resultados de la determinación de Dureza total en el agua en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán.

No de muestras	Análisis	Resultados mg/L	Según la NSOCAP mg/L
1	Dureza total	36	500
2	Dureza total	32	500
3	Dureza total	52	500
4	Dureza total	28	500

RESULTADO: De las 4 muestras realizadas durante el periodo de la investigación, todos los valores de Dureza total presentan variaciones un valor con respecto a otro, sin embargo todos los datos se encuentran dentro de los límites de la NSOPCAP. (Ver anexo 15 al 18).

5.3 ANALISIS BACTERIOLOGICO

Metodología

Con base a la Norma Oficial NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.01:08, se determinó la calidad del agua, se realizaron las pruebas correspondientes: presuntiva, confirmativa y completa, posteriormente determinó el Número Más Probable (NMP) de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia coli.

ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA

MATERIAL, REACTIVO Y EQUIPO:

Material previo al laboratorio:

- 1 Frasco estéril de 100 ml (que contenerà la muestra previamente recolectada)

Nota:

- 1) La muestra debe ser representativa del abastecimiento de agua de donde procede
- 2) Debe ser analizada lo más pronto posible
- 3) Si no puede analizarse inmediatamente, manténgala en refrigeración

Medios de cultivo:

- 6 Tubos con tripticasa soya agar (T.S.A)
- 9 Tubos con 10 ml de caldo lactosado (con tubo de Durham) así:
 - 3 tubos con 10 ml a doble concentración
 - 6 tubos con 10 ml a concentración normal

A las 48 horas

- 9 Tubos con 10 ml de caldo Bilis Verde Brillante, así:
 - 3 tubos con 10 ml a doble concentración
 - 6 tubos con 10 ml a concentración normal

A las 72 horas

- 9 Tubos con 10 ml de caldo E. Collí, así:
 - 3 tubos con 10 ml a doble concentración
 - 6 tubos con 10 ml a concentración normal

Varios: (todo estéril)

- 3 tubos con 9 ml de agua destilada
- 3 placas de Petri (vacías)
- 4 Pipetas de 1 ml
- 1 Pipeta de 10 ml

Otros:

- 1 Asa bacteriológicas
- 1 Estufa a 37 °C
- 1 Gradilla
- Mechero de Bunsen

PROCEDIMIENTO

Preparación de reactivo

Nota: todo material previamente esterilizado.

1. Pesar 6 gramos de micro molecular biology producto y diluirlo en un volumen de 100 ml

Llenar 3 tubos con 10 ml de solución

2. Pesar 3 gramos micro molecular biology producto Y diluirlo en un volumen de 100 ml

Llenar 6 tubos con 10 de solución

3. Pesar 8 gramos brila bouillon diluirlo en un volumen de 100 ml

Llenar 3 tubos con 10 ml de solución

4. Pesar 4 gramos de brila bouillon diluirlo en un volumen de 100 ml

Llenar 6 tubos con 10 ml de solución

I. RECUENTO DE COLONIAS POR EL METODO DE LA “PLACA VERTIDA” O METODO DE DILUCION

Con este método se detectan bacterias Coliformes, inocuas y patógenas, obteniéndose el número total de bacterias viables presentes en la muestra.

- 1- Prepare diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000 de su muestra de agua
- 2- Licue tres tubos con TSA
- 3- Tome 1 ml de cada dilución y deposítelas en sus respectivas cajas de Petri estériles. Identifíquelas.
- 4- Agregue a cada placa el contenido de 1 tubo con TSA (licuado a temperatura aproximada de 40°C)
- 5- Mezcle cuidadosamente por rotación. Deje solidificar. Incube a 37°C.
- 6- Transcurridas 24 horas haga recuento de colonias (escoja la placa que contenga entre 30 y 300 colonias)

No. De colonias x dilución x cantidad de muestra = No.
De colonias por ml de agua

II. TECNICA DE TUBOS MULTIPLES PARA LA INVESTIGACION DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN MUESTRAS DE AGUA

Se ha usado por muchos años, el grupo de bacterias Coliformes para indicar la contaminación del agua con aguas negras y desechos.

Para el estudio de Coliformes se reconocen 3 pruebas:

- 1- Prueba presuntiva
- 2- Prueba confirmativa
- 3- Prueba completa

PRUEBA PRESUNTIVA:

- a) Inocular en 3 tubos con 10 ml de caldo lactosado a doble concentración, 10 ml de la muestra de agua. Rotular.
- b) Inocular en 3 tubos con 10 ml de caldo lactosado a concentración normal; 1 ml de la muestra. Rotular.

- c) Inocular en 3 tubos con 10 ml de caldo lactosado a concentración normal; 0.1 ml de la muestra. Rotular.

Incubar a 35°C, durante 24 a 48 horas; todos los tubos que presenten formación de gas; se interpreta como prueba positiva.

PRUEBA CONFIRMATIVA:

- a) Inocular en 3 tubos con 10 ml de medio caldo Bilis Verde Brillante a doble concentración; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosados positivos.

- b) Inocular en 3 tubos con 10 ml de medio caldo Bilis Verde Brillante a concentración normal; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosados positivos. Rotular.

- c) Inocular en 3 tubos con 10 ml de medio caldo Bilis Verde Brillante a concentración normal; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosados positivos. Rotular.

Incubar a 35°C, durante 24 horas; todos los tubos que presenten formación de gas; se interpreta como prueba positiva.

PRUEBA COMPLETA:

- d) Inocular en 3 tubos con 10 ml de caldo E. Coli a doble concentración; u1 asada para cada tubo; de los tubos caldo Bilis Verde Brillante positivo.
- e) Inocular en 3 tubos con 10 ml de caldo E. Coli a concentración normal; 1 asada para cada tubo; de los tubos de caldo Bilis Verde Brillante positivo
- f) Inocular en 3 tubos con 10 ml de caldo E. Coli a concentración normal; 1 asada para cada tubo; de los tubos de caldo Bilis Verde Brillante positivo. Rotular
Incubar a 44°C durante 24 horas; todos los tubos que presenten formación de gas; la prueba es positiva.
Para dar el número más probable de Coliformes totales y fecales por 100 ml de agua existe una tabla donde se comparan los resultados.

Ejemplo: si una muestra de agua dio como resultado en los tubos con bilis verde brillante; los 9 tubos positivos.

3 de 10 ml, 3 de 1 ml, y 3 de 0.1 ml; el NMP/100 ml de Coliformes totales será 1100

NMP/100 ml Coliformes totales						
No.	Tubos 10 ml	Tubos 1 ml	Tubos 0.1 ml	NMP/ 100 ml	Límite de NMP	
					INF	SUP
1	3	3	3	1100	460	4800

Si en los tubos con caldo E. Coli, salieron 5 positivos: 3 de 10 ml, 2 de 1 ml y 0 de 0.1 ml; el NMP/100 ml de Coliformes fecales será 93.

NMP/100 ml Coliformes totales						
No.	Tubos 10 ml	Tubos 1 ml	Tubos 0.1 ml	NMP/ 100 ml	Límite de NMP	
					INF	SUP
2	3	2	0	93	15	380

Nota: toda agua para consumo humano debe de estar en cero Coliformes totales y cero de Coliformes fecales.

CUADRO 6: Resultados de la determinación de la presencia de Coliformes Totales en el agua utilizada en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán.

Número Más Probable por 100 mililitros de Coliformes totales.

(NMP/100 ml Coliformes totales)

No.	Tubos 10 ml	Tubos 1 ml	Tubos 0.1 ml	NMP/ 100 ml	Límite de NMP	
					INF	SUP
1	3	3	3	1200	460	4800
2	3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	3	1200	460	4800
4	3	3	2	1100	150	4800

(Ver anexo 19)

CUADRO 7: Resultados de la determinación de la presencia de Coliformes Fecales en el agua utilizada en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán.

Número Más Probable por 100 mililitros de Coliformes fecales.

NMP/100 ml Coliformes fecales						
No.	Tubos 10 ml	Tubos 1 ml	Tubos 0.1 ml	NMP/ 100 ml	Límite de NMP	
					INF	SUP
1	3	2	0	93	15	380
2	3	3	3	1200	460	4800
3	3	3	3	1200	460	4800
4	3	3	3	1200	460	4800

(Ver anexo 19)

CUADRO 8: Resultados de la determinación de la presencia de Escherichia Coli en el agua utilizada en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción departamento de Morazán.

Número Más Probable por 100 mililitro de Escherichia coli.

NMP/100 ml Escherichia coli						
No.	Tubos 10 ml	Tubos 1 ml	Tubos 0.1 ml	NMP/ 100 ml	Límite de NMP	
					INF	SUP
1	3	2	0	93	15	380
2	3	2	0	93	15	380
3	3	3	3	1200	460	4800
4	3	3	3	1200	460	4800

(Ver anexo 19)

ANALISIS DE RESULTADOS: CUADROS 6, 7 Y 8

Los resultados obtenidos varían en cantidades que se encuentran entre los límites establecidos por la NSO 13.07.01:08, se deduce que en base a los resultados obtenidos, el agua puede ser utilizada para otros fines, excepto para consumo humano, puesto que la norma establece que para ser consumida por el ser humano debe estar cero Coliformes totales y cero Coliformes fecales. (Ver anexo 19)

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los cuatro análisis realizados en el agua que se suministra en el invernadero ubicado en el Cantón el Limón jurisdicción de Delicias de Concepción, departamento Morazán se concluye lo siguiente:

1. Al agua suministrada en el invernadero ubicado en el Cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción, departamento de Morazán; se comprobó que los parámetros de Temperatura y pH se encuentran en los límites establecidos por la Norma Salvadoreña de Agua Potable por lo tanto se aceptan las hipótesis alternativas uno y dos de la investigación.
2. Los análisis químicos que se realizaron en la determinación de Plomo y Cadmio, dieron resultados negativos en el agua suministrada en el invernadero ubicado en el Cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción, departamento de

Morazán; por lo tanto se aceptan las hipótesis alternativas tres y cuatro de la investigación.

3. El estudio microbiológico realizado en el agua suministrada en el invernadero ubicado en el Cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción, departamento de Morazán; demuestra la presencia de bacterias Coliformes totales, por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa cinco.
4. El estudio microbiológico realizado al agua suministrada en el invernadero ubicado en el Cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción, departamento de Morazán; demuestra la presencia de bacterias Coliformes fecales, por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa seis.
5. El estudio microbiológico realizado en el agua suministrada al invernadero ubicado en el Cantón El Limón jurisdicción de Delicias de Concepción, departamento de Morazán; demuestra la presencia de la bacteria *Escherichia coli* por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa siete.

6.2 RECOMENDACIONES

- 1- Se debe informar a la población y los alrededores del Cantón El Limón jurisdicción de delicias de concepción sobre el estado de la calidad del agua de la quebrada.
- 2- Que en futuras investigaciones se le den seguimientos a los tratamientos de la calidad del agua
- 3- Que las autoridades de la unidad de salud de Delicias de Concepción departamento de Morazán estén monitoreando la calidad del agua permanentemente.
- 4- De acuerdo a los resultados obtenidos en el Análisis Bacteriológicos se recomienda a los habitantes de la comunidad aplicar los métodos de purificación para mejorar la calidad del agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agua para todos agua para la vida

(<http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>)

2. Agua y empleo

(<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>)

3. APRENDAMOS SOBRE LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO

HÍDRICO.<http://www.marn.gob.sv/descargas/Publicaciones/Series%20RH/Protejamos%20y%20Conservemos%20el%20Recurso%20Hidrico.pdf>

4. Sistema nacional de gestión del medio ambiente.

<http://www.marn.gob.sv/sistema-nacional-de-gestion-del-medio-ambiente/>

5. Humedales. <http://www.marn.gob.sv/humedales/>

6. Recursos Hídricos. <http://www.marn.gob.sv/recursos-hidricos-2/>

7. La problemática del agua. <http://www.cesta-foe.org.sv/home/Pubs/la%20problematICA%20del%20agua.pdf>

8. La calidad del agua y su impacto en la salud.
<http://www.cesta-foe.org.sv/home/Pubs/Calidad%20del%20agua.pdf>

9. El agua como fuente de vida. <http://www.cesta-foe.org.sv/home/Pubs/Agua%20Fuente.pdf>

10. Metodología de la investigación, quinta edición.
http://www.academia.edu/6399195/Metodologia_de_la_investigacion_5ta_Edicion_Sampieri

11. Aprende más acerca del agua.
<http://comunidadplanetaazul.com/agua/aprende-mas-acerca-del-agua/tipos-de-agua/>

12. Microbiología medica de Jawetz, Melnick y Adelberg. 18° edición. Pág. 583-597

13. Microbiología Médica, Patrick R. Murray, Ken S. Rosenthal y Michael A. Pfaller. 6° edición. Pág. 324-329

14. Sampieri R. Metodología de la investigación, segunda edición, México McGraw Hill. Edi. 1998.

ANEXOS



ANEXO NÚMERO 1

NSO 13.07.01:08

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 Alcantarillados.(1)

Ruben Aleman	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 Permissible(LMP): es la concentración del parámetro por encima del cual el agua no es potable.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. REQUISITOS

4.1 REQUISITOS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICOS.

Tabla 1. Límites Máximos Permisibles para calidad microbiológica

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

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

Un número mayor de 100 microorganismos por mililitro en el recuento total de bacterias heterótrofas, 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 Permisible
Color Verdadero	(Pt-Co)	15
Olor	-	No Rechazable
pH	-	8.5 ¹⁾
Sabor	-	No Rechazable
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000 ²⁾
Turbidez	UNT	5 ³⁾
Temperatura	°C	No Rechazable

¹⁾ Límite Mínimo Permisible 6.0 Unidades

2) Por las condiciones propias del país.

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

Tabla 3 Valores para Sustancias Químicas

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

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

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

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

- 1) Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo limite 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	Limite 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

Tabla 6 Valores para residuos de plaguicidas

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

1,2-Dibromometano	15
1,2-Dicloropropane (1,2-DCP)	
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
Metoxycoloro	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

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

Tabla 8. Valores para cloro residual

PARAMETRO	LIMITE MAXIMO 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 de 1,5 mg/l y un límite mínimo permisible de 0,6 mg/l en todas las partes del sistema de distribución, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben tomarse medidas similares en los casos de interrupciones o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

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

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

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

¹⁾(pCi/l) = picocuries/l

²⁾ mrem = milirem

Tabla 10 Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriana del agua potable

Se establece el número de muestras en relación a la población servida de acuerdo a la siguiente tabla:

Tamaño de población (habitantes)	Numero mínimo de muestras/mes
< 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 bacteriológico

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

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

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

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

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

5. FRECUENCIA DEL EXAMEN FÍSICO - QUÍMICO.

El muestreo y el examen frecuentes son necesarios en el caso de los componentes microbiológicos, pero cuando se trata de compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua que están relacionados con la salud, se requieren tomas de muestra y análisis menos frecuentes. Debe realizarse un examen completo cuando se pone en servicio una fuente nueva de agua e inmediatamente después de cualquier modificación importante de los procesos de tratamiento. Más adelante, es preciso analizar periódicamente muestras con una frecuencia

dependiente de las condiciones locales. Además, es importante la información local sobre los cambios ocurridos en la zona de captación (en particular actividades agrícolas e industriales), que puede usarse para pronosticar posibles problemas de contaminación y por consiguiente, determinar la necesidad de vigilar con más frecuencia la presencia de compuestos específicos.

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

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

N°	Parámetro	Tipo de Análisis		
		Mínimo	Normal	Completo
MICROBIOLOGICOS				
1	Bacterias coliformes totales	X	X	X
2	Bacterias coliformes fecales	X	X	X
3	Escherichia coli	X	X	X
4	Bacterias heterotrofas y aerobias mesofilas			X
ORGANOLEPTICOS				
1	Color verdadero		X	X
2	Olor ¹		X	X
FISICO-QUIMICOS				
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
SUSTANCIAS NO DESEABLES				
1	Nitratos			X
2	Nitritos			X
3	Boro			X
4	Hierro		X	X

5	Manganeso		X	X
6	Flúor			X
SUSTANCIAS TOXICAS				
1	Bario		X	X
2	Arsénico		X	X
3	Cadmio		X	X
4	Cianuros		X	X
5	Cromo		X	X
6	Mercurio		X	X
7	Níquel		X	X
8	Plomo		X	X
9	Antimonio		X	X
10	Selenio		X	X
11	Plaguicidas organoclorados			X
12	Plaguicidas Organofosforados			X
13	Plaguicidas Carbamatos			X
14	Sub-productos de la desinfección (THM)			X

1 Sensorial

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

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

TAMAÑO DE POBLACION (HABITANTES)	MINIMO	NORMAL	COMPLETO
25,000	1 muestra mensual	1 muestra bi mensual	1 muestra anual
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 15th, Publication Official Health Association.

Norma de Agua Potable, CAPRE.

Norma de Agua Potable, CANADA.

Norma de Agua Potable, CEE.

Agua Potable Especificaciones (1975) CDU 663.6 Normas Obligatorias, Junio 1989, COGUANOR N60 29 001. Pag 10, Junio 1984.

Norma de Agua Potable, EPA.

Water and Wastw water Technology. Ed. John Wiley and Sons. NY.

M.J. Hammer.

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

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

Normas de Agua Potable. México.

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

Propuesta de Normas de Calidad de Agua para distintos usos. Proyectos: OPS/OMS

U.S. Environmental Protection Agency Office of drinking Water. Fed. Register. Vol. 54
N.97 PP 22062-65.1989

Norma Técnica Colombiana. Agua. Agua Potable 813. Segunda Revisión 1994-10-19

Codex Alimentarios , Requisitos generales, segunda edición, revisada 1999.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition.

Normas Provinciales de Calidad y Control de Agua para Bebida, Resolución Di.P.A.S 608/93,
Dirección de agua y saneamiento de la Córdoba . 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 Espectofotométrico IR
Acido Nitrilo Triacético (ATN)	Cromatográfico
Plaguicidas Organoclorados	Cromatográfico
Plaguicidas Organofosforados	Cromatográfico
Plaguicidas Carbamatos	Cromatográfico
Subproductos de la Desinfección	Cromatográfico

ANEXO D (Normativo)

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 ₂ SO ₄ /l a pH < 2	24 Horas	1,000
Aluminio	Polietileno(A)- Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Antimonio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /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 ₃ /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 ₃ /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 ₃ /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 ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	1,000

Dureza	Polietileno-Vidrio	2 ml. Conc. HNO ₃ /1 muestra, pH < 2	6 meses	100
Fluoruro	Polietileno	Ninguno	28 días	300
Hierro Total	Polietileno-Vidrio	2 ml. Conc. HNO ₃ /1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Manganeso	Polietileno(A)- Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Mercurio	Polietileno(A)- Vidrio(A)	HNO ₃ a pH < 2, enfriar a 4 °C	28 días	1,000
Molibdeno	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /1 muestra, pH < 2 enfriar a 4 °C	7 días	1,000
Níquel	Polietileno(A)- Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Nitrato	Polietileno- Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4°C	48 horas (28 días para muestras cloradas)	1,000
Nitrito	Polietileno- Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4°C	Ninguno / 28 días	100
Mercurio	Polietileno(A)- Vidrio(A)	HNO ₃ a pH < 2, enfriar a 4 °C	28 días	1,000
Molibdeno	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /1 muestra, pH < 2 enfriar a 4 °C	7 días	1,000
Níquel	Polietileno(A)- Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /1 muestra, pH < 2	6 meses	1,000
Nitrato	Polietileno- Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4°C	48 horas (28 días para muestras cloradas)	1,000
Nitrito	Polietileno- Vidrio	Analizar inmediatamente o enfriar a 4°C	Ninguno / 28 días	100
Plaguicidas organoclorado	Vidrio	Enfriar a 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	2,500

Plaguicidas carbamatos	Vidrio	Enfriar a 4 °C	48 horas	1 0 0 0
Plata	Polietileno(A)- Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	1 0 0 0
Plomo	Polietileno(A)- Vidrio(A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	1 0 0 0
Selenio	Polietileno(A)- Vidrio(A)	Enfriar a 4 °C	6 meses	1 0 0 0
Sodio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	5 0 0
Sulfatos	Polietileno- Vidrio	Enfriar a 4 °C	7 días	2 5 0
Turbidez	Polietileno	Enfriar a 4 °C	7 días	5 0 0
Temperatura	-	Analizar inmediatamente	Determinar en sitio de	5 0

			muestreo	
STD Total de Sólidos disueltos	Polietileno, Vidrio	Enfriar a 4 °C	7 días	1 0 0 0
Sustancias orgánicas	Vidrio	Enfriar a 4 °C	Analizar inmediatamente	1 0 0 0
Desinfectantes y subproductos de deinfección	Vidrio	Enfriar a 4 °C	Analizar inmediatamente	1 0 0 0
Cloro residual	Polietileno, Vidrio	Analizar inmediatamente	0.5 Horas	5 0 0
Radionúclidos	Vidrio	-	-	1 0 0 0
Pruebas microbiológicas	Polietileno-Vidrio	Enfriar a 4 °C	No exceder de 6 Horas	2 0 0
Manganeso	Polietileno(A)-Vdrio (A)	2 ml. Conc. HNO ₃ /l muestra, pH < 2	6 meses	1 0 0 0

(A) = Lavado con HNO_3 1+1

--FIN DE NORMA—

ANEXO NÚMERO 2: FOTÓGRAFIAS



ANEXO 1 (Invernaderos.
Cantón. El Limón, Delicias de
Concepción, Morazán)



ANEXO 2 (ubicación de los
Tanques de abastecimiento de agua
Al invernadero)



ANEXO 3
(2500 Litros de agua; Capacidad
del tanque de abastecimiento)



ANEXO 4 (tubo de abasto
del tanque)



ANEXO 5

(Cultivo hidropónico: método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola)



ANEXO 6

(Área de control del sistema De riego al cultivo hidropónico)



ANEXO 7

(pH-metro: voltímetro que mide por sus electrodos la concentración de H^+ en una solución)



ANEXO 8

(Autoclave: aparato para esterilización de materiales mediante presión y temperaturas controladas)



ANEXO 9



ANEXO 10

(Balanza granataria utilizada para pesar reactivos: Caldo lactosado, verde Brillante billis y E. coli)



ANEXO 11

(Materiales para medir volumen)



ANEXO 12

presencia de CO₂ en los tubos Durham:
Evidencia de bacterias Coliformes Fecales.



ANEXO 13
Presencia de CO₂ en los tubos
Durham: Evidencia de bacterias
Coliformes Totales



ANEXO 14
presencia de CO₂ en los tubos
Durham: Evidencia de bacterias
E. Coli



F-09



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

CODIGO N° 11-16		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: JORGE HERNANDEZ Y MIRIAN LOPEZ COLONIA LAS VIOLETAS, AVENIDA PRINCIPAL #4, DEPTO. SAN MIGUEL					Fig. 1 de 1
Descripción de muestra: AGUA DE FUENTE NATURAL					N° DE MUESTRAS: 1
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL LIMON, CANTON EL VOLCAN, JURISDICCION DE DELICIAS DE CONCEPCION, DEPARTAMENTO CHALATENANGO.					
Fecha de elaboración del informe: LUNES, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2016.					
Fecha de recepción de muestra: 07 DE SEPTIEMBRE DE 2016			Fecha de Análisis: DEL 8 AL 14 DE SEPTIEMBRE DE 2016		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01-08
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Cadmio	Fotométrico	11-16-01	---	NO DETECTADO	0.003 mg/L
Dureza Total (CaCO ₃)	Volumétrico			36 mg/L	500 mg/L
Plomo	Fotométrico			NO DETECTADO	0.01 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado. (Cuando aplique).					

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

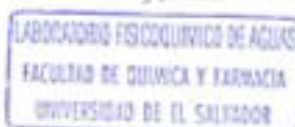
NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

30 SEP 2016

FECHA DE ENTREGA: _____

[Signature]
Lic. Henry Rafael Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Análisis

[Signature]
Lic. Rocio Miriam Rojas de Lara
Analista



[Signature]
Lic. Marie del Carmen Pabó Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

end

Finca Avenida "Mártires Estudiantes del 20 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa_ues@yahoo.com

ANEXO 15



F - 09



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

CÓDIGO N° 13-16		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MIRJAN LOPEZ, COLONIA LAS VIOLETAS, AVENIDA PRINCIPAL # 4, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.					Pág. 1 de 1
Descripción de muestra: AGUA DE FUENTE NATURAL					N° DE MUESTRAS: 1
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL LIMON, CANTON EL VOLCAN, JURISDICCION DE DELICIAS DE CONCEPCION, DEPARTAMENTO DE MORAZAN.					
Fecha de elaboración del informe: VIERNES, 07 DE OCTUBRE DE 2016.					
Fecha de recepción de muestra: 30 DE SEPTIEMBRE DE 2016			Fecha de Análisis: DEL 30/09/2016 AL 05/10/2016		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Cadmio	Fotométrico	13-16	-----	No Detectado	0.003 mg/L
Dureza Total (CaCO ₃)	Volumétrico			32 mg/L	500 mg/L
Plomo	Fotométrico			No Detectado	0.01 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado. (Cuando aplique).					

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

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

FECHA DE ENTREGA: 21 OCT 2016

Lic. Nancy Alicia Rodríguez Costero
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

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

Lic. Rosa Miriam Rojas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Ovelo Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

ac

Piso 4, Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.
Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa_uss@yahoo.com

ANEXO 16



F - 09



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

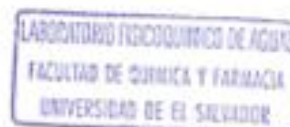
CODIGO N° 17-16		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: JORGE ISAAC HERNANDEZ ARGUETA BARRIO LA FUENTE SAN SIMON, DEPARTAMENTO DE MORAZAN					Pág. 1 de 1
Descripción de muestra: AGUA DE FUENTE NATURAL					N° DE MUESTRAS: 1
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL LIMON, CANTON EL VOLCAN, JURISDICCION DE DELICIAS DE CONCEPCION, DEPARTAMENTO DE MORAZAN					
Fecha de elaboración del informe: VIERNES, 27 DE OCTUBRE DE 2016					
Fecha de recepción de muestra: 21 DE OCTUBRE DE 2016			Fecha de Análisis: DEL 21 AL 27 DE OCTUBRE DE 2016		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01:08
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Cadmio	Fotométrico	17-16	---	NO DETECTADO	0.003 mg/L
Dureza Total (CaCO ₃)	Volumétrico			52 mg/L	500 mg/L
Plomo	Fotométrico			NO DETECTADO	0.01 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado. (Cuando aplique).					

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

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

FECHA DE ENTREGA: 11 NOV 2016

Lic. Jorge Isidro Hernández Argueta
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Análisis



Lic. Rosa María Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Pardo Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

and

Finca Avenida "Mártires Estudiantes del 20 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.
Teléfono Directo: 2521-2948; Correo electrónico: labfqa_ues@yahoo.com

ANEXO 17



F - 09

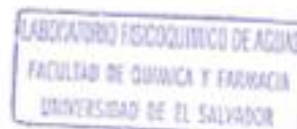


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO Nº 20-16		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MERIAN YOLANDA LOPEZ, BARRIO LA FUENTE SAN SIMON, DEPARTAMENTO DE MORAZAN.					Pág. 1 de 1
Descripción de muestra: AGUA DE FUENTE NATURAL.					Nº DE MUESTRAS: 1
Lugar de toma de muestra: CASERIO EL LIMON, CANTON EL VOLCAN, JURISDICCION DE DELICIAS DE CONCEPCION, DEPARTAMENTO DE MORAZAN.					
Fecha de elaboración del informe: VIERNES, 16 DE NOVIEMBRE DE 2016.					
Fecha de recepción de muestra: 11 DE NOVIEMBRE DE 2016			Fecha de Análisis: DEL 11 AL 15 DE NOVIEMBRE DE 2016		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua Potable (2ª Actualización) NSO 13.07.01-08
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Cadmio	Fotométrico	20-16	_____	No Detectado	0.003 mg/L
Dureza Total (CaCO ₃)	Volumétrico			28 mg/L	500 mg/L
Promo	Fotométrico			0.01 mg/L	0.01 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado. (Cuando aplique).					

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
- Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.fqa@gmail.com.

FECHA DE ENTREGA: 24 NOV 2016



[Signature]
Lic. Mary Rafaela Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

[Signature]
Lic. Rosa Mónica Rojas de Lara
Analista

[Signature]
Lic. María del Carmen Peña Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.
Teléfono Directo: 2537-2568. Correo electrónico: labfqa_ues@yahoo.com

ANEXO 18

N° de tubos positivos de:			NMP Por 100 Ml	Límite del NMP		N° de tubos positivos de:			NMP Por 100 ml	Límite del NMP	
3 de 10ml	3 de 1ml	3 de 0.1ml				3 de 10ml	3 de 1 ml	3 de 0.1ml		INF	SUP
0	0	0		0		2	0	3	26		
0	0	1	3		9	2	1	0	15	2.8	44
0	0	2	6			2	1	1	20		
0	0	3	9			2	1	2	27		
0	1	0	3	0.085		2	1	3	34		
0	1	1	6.1			2	2	0	21	3.5	
0	1	2	9.2			2	2	1	28		
0	1	3	12			2	2	2	35		
0	2	0	6.2			2	2	3	42		
0	2	1	9.3		13	2	3	0	29		
0	2	2	12			2	3	1	36		
0	2	3	16			2	3	2	44		
0	3	0	9.4			2	3	3	53		
0	3	1	13			3	0	0	23	3.5	120
0	3	2	16			3	0	1	39	6.9	130
0	3	3	19			3	0	2	64		
1	0	0	3.6	0.085	20	3	0	3	95		
1	0	1	7.2	0.87	21	3	1	0	43	7.1	210
1	0	2	11			3	1	1	75	14	230
1	0	3	15			3	1	2	120	30	380
1	1	0	7.3	0.88	23	3	1	3	160		
1	1	1	11			3	2	0	93	15	380
1	1	2	15			3	2	1	150	30	440
1	1	3	19			3	2	2	210	35	470
1	2	0	11			3	2	3	290		
1	2	1	15	2.7	36	3	3	0	240	36	1300
1	2	2	20			3	3	1	460	71	2400
1	2	3	24			3	3	2	1100	150	4800
1	3	0	16			3	3	3	1200	460	4800
1	3	1	20								
1	3	2	24								
1	3	3	29								
2	0	0	9.1	1.0	36						
2	0	1	14	2.7	37						
2	0	2	20								

Nota: toda agua para consumo humano debe de estar en cero Coliformes totales y cero de Coliformes fecales.

ANEXO 19