

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

UNAN - MANAGUA

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LA SALUD

“LUIS FELIPE MONCADA”



TEMA:

CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO EL CRUCERO DEPARTAMENTO DE MANAGUA EN EL PERIODO DE JULIO – DICIEMBRE 2014.

AUTORAS:

Br. Beleyda del Carmen Camacho Núñez

Br. Jahoscka de los Ángeles López Romero

Br. Noritza María Martínez Alemán

TUTOR:

Lic. Roberto Enrique Flores Díaz

Docente UNAN - MANAGUA

ASESOR METODOLÓGICO:

Msc. Carmen Lanuza

Responsable de lab. Aguas y Alimentos CNDR

Managua, 13 de Marzo de 2015

VALORACIÓN DEL TUTOR

La Organización Mundial de la Salud establece en sus requisitos de la calidad del agua que es apta bacteriológicamente para consumo humano si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. Sin embargo es de vital importancia la búsqueda de indicadores precisos de contaminación fecal.

En nuestro país se han dado avances significativos en la ampliación de la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento lo que ha permitido disminuir la mortalidad y morbilidad de enfermedades infecciosas intestinales, pasando a tener una cobertura de agua potable del 74% en 1990 al 85% en 2011. Desafortunadamente el avance ha sido modesto en el área rural donde aún el 60% de la población no tiene acceso a servicios eficientes de agua potable.

El agua apta para consumo humano puede contaminarse cuando entra al sistema de distribución, a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, grifos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. Por lo que es necesario mantener un programa de vigilancia de la calidad del agua de consumo humano que se distribuye a la población nicaragüense.

Sus autoras tuvieron como propósito en esta investigación analizar la calidad bacteriológica del agua potable y así mismo conocer los principales factores que favorecen a la contaminación del agua potable en las redes de distribución suministrada y distribuida por ENACAL.

Me es grato expresar que el presente trabajo monográfico con el tema: “Calidad bacteriológica del agua potable del municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014” reúne los requisitos científicos y metodológicos para ser presentado y defendido por sus autoras.

Lic. Roberto Enrique Flores Díaz

Tutor

DEDICATORIA

Este trabajo monográfico primeramente está dedicado a Dios nuestro señor quien nos brindó sabiduría, entendimiento guiándonos siempre en cada de unas de nuestras reuniones y nos dio fortaleza para alcanzar este proceso investigativo.

A nuestros padres que con su esfuerzo, desempeño y comprensión pudimos realizar nuestro trabajo con excelencia, logrando una mejor preparación en nuestro proceso educativo.

A nuestro Tutor Lic. Roberto Enrique Flores Díaz por guiarnos con la culminación de nuestro trabajo.

A nuestra Asesora Msc. Carmen Lanuza por guiarnos, transmitir sus conocimientos y de habernos dados un poco de su tiempo y paciencia para la realización de dicho estudio.

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por la vida, el tiempo, el espacio y la sabiduría que nos brindó, por habernos guiado en el camino correcto para poder realizar este presente trabajo y fuerza para enfrentar los problemas y así finalizar nuestro trabajo

Se lo agradecemos también a nuestros padres por su apoyo incondicional, por su comprensión del tiempo invertido y por el esfuerzo que ellos hacen para que nosotros logremos un mejor estímulo educativo.

A nuestro Tutor Lic. Roberto Enrique Flores Díaz por ser un guía en nuestro trabajo, por estar siempre en disposición para aclarar cualquier duda y contribuir al presente estudio; por animarnos a mejorar por más difícil que sea el documento durante todas las etapas de elaboración y así poder presentar un excelente trabajo.

Al Dr. Ángel Balmaceda por facilitarnos sus instalaciones. A la Lic. Carmen Lanuza responsable del área de aguas y Alimentos por brindarnos las condiciones necesaria en el procesamiento de las muestras, a Tec. Yolanda Solórzano responsable del área de medios de cultivo.

De igual forma agradecemos aquellas personas que nos ayudaron a concluir nuestro estudio como la Lic. Aura Pérez encargada del área de Microbiología del agua de consumo (ENACAL de MANAGUA), a la Lic. Verónica Suazo por guiarnos en la recolección de la muestra encarga del área de higiene del centro de salud El Crucero.

A los habitantes del Municipio El Crucero por habernos facilitado la información necesaria.

RESUMEN

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal con el objetivo de determinar la calidad bacteriológica del agua potable en el municipio El Crucero del Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014.

El universo lo constituyen 1188 viviendas que cuentan con el servicio de ENACAL, se tomaron 30 muestras que corresponde al 2.5% del universo a las cuales se les determinó cloro residual mediante DPD-1, Coliformes Totales y Termotolerantes por el método de Filtración por Membrana y verificación de *Escherichia coli* a través del caldo EC+MUG. El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia.

Al aplicar la técnica de DPD-1 obtuvimos que un 10% de las muestras analizadas presentaron concentraciones ≤ 0.5 mg/L y en un 90% de estas muestras no se observó cloro residual. El 17% de las muestras procesadas presentaron contaminación de coliformes totales, 7% coliformes termotolerantes y 3 % *Escherichia coli*.

Dentro de los principales factores que influyen en la contaminación del agua potable se encontró que el tratamiento aplicado en la red de distribución es deficiente y el 83 % de los barrios del Crucero no tiene servicio de agua frecuentemente.

De acuerdo a los resultados obtenidos recomendamos que el Ministerio de Salud de seguimiento al programa de vigilancia de la calidad del agua de consumo que es distribuida a través de la red de ENACAL al municipio El Crucero y tomar acciones cuando sea pertinente y la empresa de ENACAL debe controlar la dosificación de cloro y la calidad del agua dentro del sistema de distribución y almacenamiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
VALORACIÓN DEL TUTOR	iii
RESUMEN	iv
Contenidos	Páginas
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.ANTECEDENTES.....	2
III.JUSTIFICACIÓN	4
IV.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
V. OBJETIVOS	6
VI. MARCO TEÓRICO.....	7
6.1 Generalidades del agua.....	7
6.1.1 Propiedades físicas del agua	8
6.1.2 Propiedades Químicas del agua	9
6.2 Tipos de contaminantes del agua	11
6.2.1 Contaminantes Físicos y químicos.....	12
6.2.2 Contaminantes Orgánicos	15
6.2.3 Contaminantes Inorgánicos y Biológicos	16
6.3 Enfermedades transmitidas por el agua	16
6.4 Indicadores de contaminación del agua.....	17
6.5 Factores asociados a la contaminación del agua.....	20

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

6.6 Tratamiento del agua	22
6.7 Prueba química.....	24
6.8 Tipos de filtro de membrana.....	25
6.9 Métodos para la determinación bacteriológica	26
7.0 Parámetros Bacteriológicos de la Normas CAPRE	28
VII. DISEÑO METODOLÓGICO.....	29
VIII. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	35
IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	36
X. CONCLUSIONES	45
XI. RECOMENDACIONES	46
XII. BIBLIOGRAFIA.....	47
ANEXOS.....	50

Índice

- i. AGRADECIMIENTO.
- ii. DEDICATORIA.
- iii. VALORACIÓN DEL TUTOR.
- iv. RESUMEN.

Contenidos	Páginas
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.ANTECEDENTES.....	2
III.JUSTIFICACIÓN	4
IV.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
V. OBJETIVOS	6
VI. MARCO TEÓRICO.....	7
6.1 Generalidades del agua.....	7
6.1.1 Propiedades físicas del agua	8
6.1.2 Propiedades Químicas del agua	9
6.2 Tipos de contaminantes del agua	11
6.2.1 Contaminantes Físicos y quimos.....	12
6.2.2 Contaminantes Orgánicos.....	15
6.2.3 ContaminantesInorganicos y Biológicos.....	16
6.3 Enfermedades transmitidas por el agua	16
6.4 Indicadores de contaminación del agua.....	17

6.5 Factores asociados a la contaminación del agua.....	20
6.6 Tratamiento del agua	22
6.7 Prueba química.....	24
6.8 Tipos de filtro de membrana.....	25
6.9 Métodos para la determinación bacteriológica	26
7.0 Parámetros Bacteriológicos de la Normas CAPRE	28
VII. DISEÑO METODOLÓGICO.....	29
VIII. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	35
IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	36
X. CONCLUSIONES	45
XI. RECOMENDACIONES	46
XII. BIBLIOGRAFIA.....	47
ANEXOS.....	50

INTRODUCCIÓN

La demanda de agua para sus diferentes usos ha incrementado en los últimos años debido al acelerado crecimiento poblacional en Nicaragua considerando también que los niveles de pobreza han tenido un aumento impredecible lo cual facilita la contaminación, la calidad sanitaria del agua no solo va depender de la concentración de la variedad de la sustancia presente en ellas si no también va depender del uso correcto que haga la población a este recurso de líquido. Cerca de 900 millones de personas de todo el mundo no tienen el acceso de agua potable mientras que 125 millones poseen este servicio.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras normas internacionales, establecen o recomiendan requisitos de calidad para el agua de consumo humano; En general la normativa establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. (OMS, 2009)

Ya que la presencia de estos microorganismos patógenos en el agua de bebida es un riesgo que se incrementa en las áreas marginales de mayor densidad poblacional o en zonas sin disponibilidad de agua potable. El mayor problema de salud es primordialmente por escasez de agua, debido a que el servicio de saneamiento es deficiente, de ahí surge la mala calidad del agua y en conjunto la contaminación por bacterias en el agua potable puede incorporarse una variedad de enfermedades que van desde la fiebre tifoidea, cólera, disentería amebiana, gastritis, gastroenteritis, etc. (McJunkin, 1988)

El agua apta para consumo humano puede contaminarse cuando entra al sistema de distribución, a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad.

ANTECEDENTES

Se estima que en América Latina y el Caribe 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y para usos domésticos como la higiene personal. (Mora, 1996)

El mundo dispone de gran abundancia de agua dulce, aunque está desigualmente repartida. No obstante, su gestión deficiente, la escasez de recursos y los cambios medioambientales hacen que uno de cada cinco habitantes del planeta no tenga acceso al agua potable y que 40% de la población mundial no disponga de sistemas básicos de saneamiento, (UNESCO) (segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo).

Entre los años de 1990 y 2010, más de 2.000 millones de personas obtuvieron acceso a fuentes mejoradas de agua potable, como por ejemplo suministro de agua por medio de tuberías y pozos y a finales del 2010, 6.100 millones de personas que equivale a un 89% de la población mundial, utilizaban fuentes mejoradas de agua potable. Se trata de un 1% más que la cifra que figuraba en la meta de los ODM, un 88%. (OMS, 2012)

Los niveles de acceso a servicios mejorados en abastecimientos de agua y saneamiento en Nicaragua son bajos en comparación con los estándares regionales, representando en el año 2005 el 76.7% y el 84.6%. Sin embargo desde 1990 se han logrado avances significativos en las zonas rurales, generados a partir de una base limitada. En las zonas rurales el acceso a servicios mejorados de abastecimiento de agua ha aumentado significativamente de 46% en 1990 a 63% en el 2004, mientras que el acceso a servicios mejorados de saneamiento incrementó de 24% en 1990 a 34% en el 2004.

La calidad bacteriológica del agua potable urbana fue considerada aceptable por la OMS de acuerdo con las muestras analizadas por la empresa nacional de servicios públicos.

Con el apoyo del BID y de otros donantes se ha alcanzado una meta de proporcionar servicios de agua potable a 80.000 personas; la capital nicaragüense, y en cinco ciudades

intermedias, al tiempo que fortalece la capacidad de la empresa de agua y saneamiento del país de la gestión y el mantenimiento del sistema. En el 2007 se aprobó la Ley General de Aguas Nacionales; este hecho llevó a la creación del Comité Nacional de los Recursos Hídricos, que a prueba las políticas generales del sector y supervisa a la Autoridad Nacional del Agua, creada recientemente, que está a cargo de planificar, administrar y controlar el uso de los recursos hídricos en todo el país. (ENACAL, 2010)

La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL), operadora nacional a cargo de los servicios de agua y de saneamiento en las áreas urbanas, administra 166 sistemas hídricos y 33 sistemas de saneamiento del país.

La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado presta el servicio de agua a través de conexiones domiciliarias a 620 viviendas del casco urbano en la actualidad, donde el abastecimiento se proporciona a través de un rebombeo por falta de presión que impulse el vital líquido, este rebombeo está localizado en el sector de las Nubes y de los pozos conocidos como El Crucero 1,2,3, los cuales están ubicados en el sector de Ticuantepe específicamente en la Borgoña, Santa Rita y Las Nubes, los cuales tienen una capacidad de 30,000 y 155,000 galones. (Manfut, 2000)

Desde los años 80, El Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia ejecuta un plan de vigilancia de la calidad bacteriológica del agua de consumo mediante la determinación del NMP de Coliformes Totales y Termotolerantes, el cual en un inicio fue a nivel nacional, en la actualidad esta vigilancia se circunscribe al departamento de Managua

En el año 2004 en la ciudad de Managua se ha establecido de carácter progresivo una red de distribución de agua potable como el barrio Concepción de María. El agua distribuida en la red distribuciones es de poca eficacia debido que no es capaz de satisfacer la demanda de la población. La calidad del agua se ve afectada por la falta de un buen sistema de provisión de cloro y por malos hábitos de higiene personal y manejo del recurso. La red existente de agua potable se fue instalando y empleando en toda el área ocupada por el barrio hasta el punto que no se puede saber la localización y orientación exacta de todas las tuberías.

JUSTIFICACIÓN

El abastecimiento de agua potable insuficiente e inadecuada representa un problema constante sobre la salud de la población mundial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que un 80% de todas las enfermedades en el mundo son causadas por la falta de agua tratada y saneamiento adecuado, siendo ésta una de las causas principales de enfermedades y muertes.

La calidad sanitaria del agua no solo va a depender de la concentración y variedad de sustancias presentes en ellas sino que también va a depender del uso correcto que haga la población de este recurso, de los requisitos y normas establecidos.

El propósito de este estudio es analizar la calidad bacteriológica del agua potable y así mismo conocer las causas y consecuencias de la contaminación del agua que es suministrada y distribuida por ENACAL, los riesgos al que están expuestos los pobladores del municipio El Crucero Departamento de Managua.

Debido a que el agua es uno de los recursos fundamentales para la vida del ser humano, la carencia y falta de saneamiento de la misma contribuye a mantener la tendencia de las enfermedades diarreicas afectando principalmente a los niños si el agua no está bien tratada. Al conocer este problema se puede recomendar a las instituciones sobre los diferentes factores que pueden estar afectando a la calidad del agua que distribuye ENACAL a los habitantes de este municipio y evitar daños que afecta a la salud de la población.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la calidad bacteriológica del agua potable del municipio El Crucero Departamento de Managua en el período de Julio – Diciembre 2014?

¿Cuál es la concentración de cloro residual en el agua potable mediante el uso de Dietil-para-fenilendiamina (DPD-1).

¿Estarán presentes los microorganismos indicadores de contaminación en el agua usando el método de filtración por membrana y número más probable?

¿Cuáles son los principales factores que favorecen a la contaminación del agua potable en las redes de distribución?

¿Cuáles de las muestras de agua en estudio cumplen con los valores establecidos por “El Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana” (Norma CAPRE)?

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la calidad bacteriológica del agua potable del municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014.

Objetivos Específicos

1. Medir la concentración de cloro residual en el agua potable mediante el uso de Dietil-para-fenilendiamina (DPD-1).
2. Determinar la presencia de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes por el método de filtración por membrana y *Escherichia coli* a través del número más probable en muestras de agua en la red de distribución.
3. Identificar los principales factores que favorecen a la contaminación del agua potable en las redes de distribución.
4. Analizar los resultados obtenidos de las muestras de agua en estudio con los valores establecidos por “El Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana” (Norma CAPRE).

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades del agua

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos: dos átomos de hidrógeno uno de oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, lluvias, ríos, lagos, mares océanos y glaciares. Como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. (OMS/UNICEF, 2010)

El agua es un líquido que en estado puro no tiene olor, color ni sabor. El agua potable, es aquella que no contienen sustancias ni microorganismo que pueden amenazar nuestra salud. Para vivir saludable necesitamos beber por lo menos dos litro y medio de agua segura. El agua fluye através de la sangre, transporta oxígeno y nutrientes a la células y arrastra los residuos corporal al exterior. Protege nuestras articulaciones y tejidos blandos. (Proyecto de agua y saneamiento ENACAL)

El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos acuíferos y los glaciares continentales.

La buena calidad del agua asegura al consumidor su protección ya que es utilizada para el abastecimiento de la población, es adicionalmente necesario que no contenga sustancias tóxicas, microorganismos patógenos que ocasionan enfermedades perjudiciales a su salud, y que sea estéticamente atractiva para la población. (Cortes, 2009)

Desde el punto de vista físico, el agua circula constantemente en un ciclo de evaporación o transpiración (evapotranspiración), precipitación y desplazamiento hacia el mar. Los vientos transportan tanto vapor de agua como el que se vierte en los mares mediante su curso sobre la tierra, en una cantidad aproximada de 45 000 km³ al año. (Tipos de agua del tropico humedo, 2000)

3.1.1 Propiedades físicas del agua

Propiedades Físicos

Sabor: El objetivo es proveer un agua que esté libre de un sabor objetable para la mayoría de los consumidores. La manera más directa de verificar este objeto es conocer las apreciaciones de un grupo seleccionado de consumidores. Se puede recurrir a paneles de laboratorio para evaluar el sabor del agua usando una escala de categorías o mediante la evaluación del número de sabor a través del método de opción forzada.

Olor: El olor en el agua potable casi invariablemente está indicando alguna forma de contaminación a la fuente de agua debido a productos de desecho comercial, pudiendo ser algunos tóxicos. El olor es producido por diferentes sustancias orgánicas o por efectos del ser humano. Es una técnica subjetiva para determinar la contaminación.

Turbidez: La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Cuando hay una mayor turbiedad en el agua de grifo del consumidor que en el agua que ingresa en el sistema de distribución es posible que este indicando contaminación, corrosión u otros problemas de distribución posteriores al tratamiento. Es de importancia vital que en la producción de un agua potable segura se esté usando cloro como desinfectante para que se mantenga la turbiedad baja. (Arochar, 2000)

Color: El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Existen muchas causas y por ello no podemos atribuirlo a un constituyente en exclusiva, aunque algunos colores específicos dan una idea de la causa que los provoca, sobre todo en las aguas naturales. El agua pura es bastante incolora sólo aparece como azulada en grandes espesores, el color, por sí mismo, no descalifica a un agua como potable pero la puede hacer rechazable por estética.

Conductividad Eléctrica: La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad.

Temperatura: Las características microbiológicas del agua potable están relacionadas con la temperatura debido a su efecto en los métodos de tratamiento, especialmente la desinfección, y su efecto en el crecimiento y la supervivencia de los microorganismos.

El agua de bebida fría es preferible al agua tibia, la intensidad del sabor es mayor cuando el agua está a temperatura ambiente bajo techo y esta intensidad se ve reducida cuando el agua se enfría o se calienta. Al aumentar la temperatura aumentara también la presión de vapor de los compuestos volátiles en trazas presentes en el agua potable y puede conducir a un incremento del olor. Cuando disminuye la temperatura aumenta la viscosidad del agua y disminuye las velocidades de sedimentación y de filtración. (Marín, 2008)

3.1.2 Propiedades Químicas del agua

PH: La cuantificación del balance de soluciones ácidas y básicas, su escala es de 0 a 14 es la condición neutra, 0 fuertemente acida y 14 fuertemente básica. El pH del agua se encuentra entre 6 y 8.5 y varía de acuerdo con el cuerpo de agua.

La alcalinidad es la habilidad del agua a resistir a los cambios de pH por la neutralización de la entrada de un ácido. A mayor alcalinidad del cuerpo de agua, mayor capacidad de neutralizar ácidos. Cambios en este parámetro, puede ocasionar la muerte de organismos por la falta de adaptación a determinado pH. Se determina en el lugar mediante un medidor de pH, papeles o líquidos indicadores.

Nitrito: Los niveles de nitrito en el agua de grifo es probable que sean muchos más bajos que en las aguas de fuente original debido a la oxidación que ocurre durante el tratamiento del agua, en especial cuando recibe cloración.

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.

Dureza: La dureza afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc. Por el contrario, las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo.

La dureza del agua natural, es por lo general similar a la que se encuentra en el agua potable suministrada a los hogares por tuberías. Al parecer no existe pruebas fidedignas de que la dureza del agua produzca efectos nocivos en el hombre; por el contrario, se han llevado a cabo una serie de estudios cuyos resultados sugieren que la dureza del agua más bien protege contra las enfermedades. (Arochar, 2000)

Cloruros: El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial. A partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion que puede penetrar la capa protectora en la interface óxido - metal y reaccionar con el hierro estructural.

Nitratos: La mayoría de los niveles más altos de nitrato se encuentran en las aguas subterráneas; los nitratos presentes en estas aguas tienden a disminuir por acción de la planta acuática. Los aumentos en los niveles de nitrato en el agua se relacionan con la aplicación de fertilizantes nitrogenados. En los sistemas de distribución los niveles en el agua de grifo suelen ser muy similares a los hallados en las aguas de fuente original.

3.2 Tipos de contaminantes del agua

La contaminación del agua tiene un impacto directo sobre los ecosistemas y la vida humana. El acceso al agua limpia es vital para beber, limpiar y para la irrigación de los cultivos. Los contaminantes varían desde sedimentos naturales hasta los desechos tóxicos creados por los humanos. Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales, agrícolas, y ambientales.

Contaminación urbana

Está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. En los países más desarrollados, durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos y bacterias dañinas.

Contaminación industrial

La contaminación del desagüe es un resultado directo de las actividades humanas. Las aguas residuales a menudo se vierten directamente en lagos, ríos o en el océano. Estos desechos no siempre son tratados primero. Las aguas negras sin tratar crean un peligro para la salud de todos los organismos cercanos lo cual ocurren brotes de bacterias, como la *E. coli*, que pueden causar enfermedades graves.

Contaminación agrícola

Los químicos utilizados para la agricultura son una fuente importante de la contaminación del agua. Los fertilizantes y pesticidas se aplican sobre el suelo para promover y maximizar el crecimiento de los cultivos. Estos químicos pueden entrar al agua filtrándose a través del suelo y contaminando la capa freática o pueden ser empujados hacia las cuencas por las lluvias. Los fertilizantes pueden ser químicos que se rocían sobre los cultivos, pero también se utiliza estiércol. Ambos contienen nitratos y fosfatos, los cuales promoverán el crecimiento de plantas acuáticas, incluyendo las algas.

Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que en parte proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales. (Enciclopedia Encarta, 2000)

3.2.1 Contaminantes Físicos

Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor se considera un contaminante ya que el vertido del agua usada en la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua donde es vertida, estimulando el crecimiento de organismos acuáticos y pudiendo causar la eutrofización de la zona. (Contaminación Física del agua, 2009)

Contaminantes Químicos

Los agentes químicos representan seguramente el grupo de contaminantes más importante debido a su gran número y a la omnipresencia en todos los campos laborales y en el medio ambiente. Como contaminantes químicos se puede entender toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que tiene probabilidades de lesionar la salud de las personas en alguna forma o causar otro efecto negativo en el medio ambiente.

Los agentes químicos pueden aparecer en todos los estados físicos:

Sílice: El sílice se encuentra en el agua disuelta como ácido silícico y como materia coloidal. Contribuye ligeramente a la alcalinidad del agua, tiene mucha importancia en los

usos industriales porque forma incrustaciones en las calderas y sistemas de refrigeración, y forma depósitos insolubles sobre los álabes de las turbinas.

Bicarbonatos y carbonatos: Estos iones contribuyen fundamentalmente a la alcalinidad del agua. Los carbonatos precipitan fácilmente en presencia de iones calcio. Las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ión bicarbonato, y si el pH es inferior a 8,3 no hay prácticamente ión bicarbonato.

Sodio: Los niveles de sodio más elevados son los que están relacionados con el agua subterránea en aquellas áreas donde hay abundancia de depósitos minerales de sodio y donde se ha producido contaminación por filtración salina (fuentes marinas) u otra formas de contaminación, la mayoría de las personas se ven expuestas a menos de 50 mg de sodio al día al beber agua de grifo, como las sales de sodio son muy solubles virtualmente todo el sodio presente en el agua ya sea consumida en forma directa.

Hierro: La presencia de hierro puede afectar a la potabilidad del agua y, en general, es un inconveniente en las aguas industriales por dar lugar a depósitos e incrustaciones. Las condiciones de estabilidad hacen que las aguas subterráneas normalmente sólo contengan Fe⁺⁺ disuelto.

Las concentraciones de hierro en el agua potable normalmente están por debajo de los 0.3 mg/l, siendo la ingesta provenientes de los alimentos sustancialmente mayor que la proveniente del agua potable.

Gases disueltos: El dióxido de carbono, CO₂, es un gas relativamente soluble que se hidroliza formando iones bicarbonato y carbonato, en función del pH del agua. El oxígeno juega un papel importante en la solubilidad o precipitación de iones que presentan una forma insoluble. Su presencia es vital para todas las formas de vida superior y para la mayoría de microorganismos.

Es el parámetro más importante en el control de la calidad de las aguas superficiales en cauces naturales. La ausencia de gases disueltos puede representar la presencia de otros gases objeccionable tales como metano, sulfhídricos.

Nitratos: El nitrato es uno de los más frecuentes contaminantes de aguas subterráneas en áreas rurales. Debe ser controlado en el agua potable principalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia que es una enfermedad provocada por el exceso de nitratos, o “la enfermedad de los bebés azules”.

El origen de los nitratos en aguas es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol.

Arsénico: El arsénico puede ser encontrado en ciertos suelos de forma natural. Cuando el arsénico entra en contacto con el agua este puede terminar en el agua de grifo. El arsénico es un metaloide, puede ser tóxico, es por eso que es aplicado comúnmente en el veneno de rata.

La toma de grandes cantidades de agua potable por largo tiempo que contengan arsénico puede causar problemas como cáncer en piel, vejiga, pulmón y otras enfermedades como la diabetes o hipertensión arterial.

Cobre: La presencia de excesos de cobre en agua potable puede ocasionar problemas de sabor y color y producir manchas en los artefactos sanitarios y la ropa durante el lavado, además de afectar la salud de las personas por trastornos gastrointestinales, como náuseas, seguidas de vómitos y diarrea. Debido a su sabor metálico, la ingesta de cobre en concentraciones altas es poco frecuente.

Cloro: El cloro está plenamente justificado como potente desinfectante para eliminar eventuales focos de infección que de no efectuar tratamiento sanitario, desembocarían en una crisis epidémica de tipo infeccioso.

Mercurio: El mercurio es un componente casi normal, en concentraciones residuales del agua e incluso del cuerpo humano. Sin embargo, la ingesta continua de mercurio durante largos períodos de tiempo puede provocar graves efectos tóxicos, además es posible encontrar niveles superiores de contaminación por mercurio en el agua debido a la contaminación procedente de los residuos industriales y urbanos sin tratar, también proceder de la comida siendo el pescado el alimento que contiene más cantidad de este

toxico, el drenaje de aguas residuales al subsuelo, el uso de cantidades excesivas de fertilizantes o pesticidas y otras prácticas agrícolas.

Aluminio: El aluminio se encuentra disuelto en aguas decantadas de la materia solida de las aguas fluviales, esta circunstancia hace que en diferentes ocasiones, se hayan detectado concentraciones de aluminio elevadas en redes de distribución. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución. Algunos estudios epidemiológicos han investigado la posible relación entre el aluminio en el agua y la Enfermedad de Alzheimer.

3.2.2 Contaminantes Orgánicos

Los compuestos orgánicos son compuesto formados por enlace largos generalmente de carbono. Muchos compuesto orgánicos son tejidos básicos del organismo vivos. La moléculas formadas por carbono e hidrogeno son apolares y poco solubles en agua. Tienen de poca a ninguna carga eléctrica.

El comportamiento de los compuestos orgánicos depende de su estructura molecular, tamaño, forma y de la presencia de grupos funcionales que son determinantes importantes de la toxicidad. Es importante conocer la estructura de los compuestos orgánicos, con el objeto de predecir su destino en los organismos vivos y en el medio ambiente. Todos los compuesto orgánicos son peligrosos para la salud son producidos por el hombre y solo han existido durante el último siglo. (Botanical Online, 2010)

3.2.2 Contaminantes Inorgánicos

Algunos contaminantes inorgánicos no son particularmente tóxicos, pero aun así son un peligro para el medio ambiente porque son usados extensivamente. Estos incluyen fertilizantes, tales como nitratos y fosfatos estos provocan auges algales globales en las aguas superficiales, lo que hace que el nivel de oxígeno en el agua disminuya. Esto provoca un stress oxigénico debido a la toma de oxígeno por parte de los microorganismos descomponedores de algas esto se le llama eutrofización.

3.2.3 Contaminantes Biológicos

En general todos los agentes representados por organismos vivos la mayoría suelen ser microorganismos como bacterias, virus, hongos, parásitos. Esta contaminación incorpora una variedad de organismos patógenos relacionados con enfermedades que pueden existir en la comunidad; otros de presencia natural pueden producir enfermedades oportunistas en personas con los mecanismos de defensa reducido.

3.3 Enfermedades transmitidas por el agua

Estas son enfermedades en la cuales el patógeno productor de las enfermedades ingresa al cuerpo como un componente pasivo del agua ingerida. El suministro de agua potable segura tendrá un impacto significativo sobre la transmisión de las enfermedades.

Muchas de estas enfermedades se transmiten por vía fecal-oral. Las fuentes de agua potable son contaminadas por excretas humanas evacuada por alguien con una infección. (McJakin, 1988)

Las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por agua estancada con criadero de insectos, contacto directo, o consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua. Las enfermedades transmitidas por bacterias son: cólera, tifoidea y paratifoidea, disentería bacilar y amebiana, diarrea, hepatitis infecciosa, parasitismo, filariasis, malaria, tripanosomiasis, oncocercosis, schistosomiasis, tracoma, conjuntivitis y ascariasis; entre otras. (Beldarraín, 2003)

Las enfermedades transmitidas, los síntomas y su tratamiento dependen del tipo de microorganismo presente en el agua y de su concentración.

La siguiente lista muestra algunas bacterias que pueden contaminar el agua y la enfermedad que provocan a la persona que la ingiere:

- *Vibrio cholerae*: productora del cólera.
- *Shigella dysenteriae*: disentería bacilar.

- Salmonella: enfermedades diarreicas agudas.
- Salmonella typhi: fiebre tifoidea.
- Leptospira: leptospirosis.
- Pasteurella tularensis: tularemia.

3.4 Indicadores de contaminación del agua

La evaluación de la seguridad del agua respecto a la salud pública se dirige a evaluar el grado en que ha sido contaminado el agua, por microorganismo patógenos indicadores de contaminación que determinan el riesgo de contraer cualquier tipo de enfermedades mediante el consumo del agua.

3.4.1 Coliformes totales: Incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulante capaces de proliferar en presencia de concentración relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido en 24 horas a 35 ± 0.5 °C. *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes son un subgrupos de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperatura más altas.

Los coliformes totales para fermentar la lactosa producen la enzima galactosidasa. Se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. El grupo de los coliformes totales incluyen especies fecales y ambientales.

Las bacterias pertenecientes al grupo de coliformes totales están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. La presencia de coliformes totales en sistema de distribución y reserva de agua almacenada puede relevar una proliferación y posible formación de biopelícula, o bien contaminación para la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas. (OMS, 2006)

Las bacterias coliformes no deberían ser detectadas en sistemas de tratamiento de abastecimiento de agua y, si así ocurriese, ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o que hubo una recontaminación posterior a este. En este sentido la prueba de coliformes se usa como indicador de la eficiencia del tratamiento. Si bien las bacterias coliformes pueden no tener una relación directa con la presencia de virus en el agua potable, el uso de la prueba de coliformes sigue siendo esencial para vigilar la calidad microbiana del agua en los sistemas de abastecimiento público. (OPS, 1987)

La presencia de coliformes totales debe interpretarse de acuerdo con el tipo de agua: deben estar ausente en 85% de las muestra de agua potables tratadas. En caso de estar presente, su número no puede ser superior a 2 -3 coliformes. Esta contaminación a pesar de ser baja, no puede ocurrir en tres muestras recolectadas en días consecutivos. En agua tratadas, los coliformes totales funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indica que hubo fallas en el tratamiento en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias .OMS Guía para la calidad del agua potable (OMS Ginebra, 1995)

3.4.2 Coliformes termotolerantes: Son un grupo de bacterias coliformes totales, que están relacionados con la contaminación fecal, esta no se multiplican en el ambiente acuático, crecen a una temperatura de incubación de 42 – 44.5 °C, esta temperatura inhibe a los no tolerantes.

Algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se distingue de los demás coliformes termotolerantes por la capacidad de reproducir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima glucoronidasa.

La presencia de estos microorganismos indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen coliformes termotolerantes que están presentes en la microbiota intestinal, siendo *E. coli* la más representativa, con un 90-100 %. (Carrillo/Lozano, 2008.)

3.4.3 Escherichia coli

Las bacterias del genero *E.coli* son bacilos gramnegativos y pertenece a la familia de Enterobacterias; aunque no parece que su presencia tenga una función especialmente relevante, se ha descrito que la bacteria *E. coli* favorece la absorción de algunas vitaminas, especialmente la vitamina K. Esta bacteria es un habitante común de los intestinos de todos los animales de sangre caliente, incluyendo el de los humanos. Se considera que *Escherichia coli* es el indicador de contaminación fecal por ende es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo.

Son pocas las cepas de *E.coli* que pueden causar enfermedades a los humanos a través de diferentes mecanismos. Entre ellos están las cepas entero invasivas (EIEC) causante de síndromes diarreicos como: *E. coli* enterotoxigénica, *E. coli* entero patógeno, *E. coli* entero invasiva, *E.coli* enterohemorrágica, *E.coli* enteroadherente, *E.coli* enteroagregativa.

La mayoría de las *E. coli* son inofensivas, Sin embargo, algunos tipos pueden producir enfermedades y causar diarrea. Una de ellas es la denominada *E. coli*, 0157:H7, causante de diarrea hemorrágica, y a veces puede provocar insuficiencia renal e incluso la muerte, especialmente en niños y en adultos con sistemas inmunológicos debilitados.

La *E. coli* infecta al ser humano a través del consumo de alimentos y agua contaminada e incluso mediante la carne y la leche de animales rumiantes, que no suelen enfermarse. Si el animal es portador de la cepa patógena puede contaminar todos los productos y el ambiente en el que vive, a través de la dispersión de las heces, es decir a través de aguas y prados. En el caso de los vegetales, éstos se contaminan por la tierra (a su vez contaminada por las heces de los animales infectados) en la que se cultivan. (Gómez, 2012)

3.5 Factores asociados a la contaminación del agua

El agua es un compuesto imprescindible para la vida, junto con el suelo un componente fundamental del medio físico de los seres vivos.

Los contaminantes más importantes del agua son de origen antropogénico, ya sea por ciertas actividades como las condiciones higiénicas sanitarias en las que vive la población, las diferentes fuentes de agua pueden ser mermada y dos tipos de contaminación según su origen:

- a) la contaminación producida por causa naturales o geoquímico y que no están influenciado por el hombre.
- b) la contaminación provocada por las actividades del hombre a esto se le llama contaminación antropogénica.

Existen tres parámetros principales o formas básicas para determinar el grado de contaminación de una fuente de agua. Estos parámetros son:

- Número de bacterias coliformes existentes

El número de bacterias coliformes existentes en los intestinos de los animales de sangre caliente y en los suelos nos indica la probabilidad de que las fuentes de agua contengan contaminantes patógenos. (Frers, 2008)

Las principales fuentes de bacterias coliformes son las descargas sanitarias, tanto de hogares y negocios, como de sistemas municipales de recolección de aguas usadas.

- Cantidad de oxígeno disuelto en el agua

Las principales causas contribuyentes a la reducción de oxígeno en el agua son la contaminación por materia orgánica y las descargas industriales cerca de las riberas de las fuentes de agua. También factores físicos como el estancamiento contribuyen al agotamiento de oxígeno.

➤ Fertilizantes y plaguicidas

Los fertilizantes, tanto naturales como artificiales, utilizados en la agricultura constituyen una fuente potencial de contaminación de agua. Las prácticas de la ganadería generan grandes cantidades de materia fecal, las cuales son arrastradas por las aguas de lluvia hasta los cuerpos de agua. También con el lavado de canales se producen efluentes con estiércol que son descargados a las fuentes de agua.

Entre los efectos nocivos para organismo, poblaciones y ecosistema destacan los siguientes:

- Perjuicio a la salud humana intoxicaciones, enfermedades infecciosas, crónicas y muerte.
- Daños a la flora y fauna.
- Molestias estéticas (malos olores , sabores y apariencia desagradable)

Los animales domésticos como: los perros, gatos, cerdos, ganado constituye una de las fuentes de contaminación fecales, debidos a que sus excrementos y orines contienen grandes cantidades de bacterias gastrointestinales en el hombre.

Los residuos sólidos urbanos (basura) son todos aquellos materiales de desecho (plásticos, vidrio, madera, cartón, papel) que llevan a cabo en los hogares, limpieza en las calles abandonadas de enseres domésticos y animales. Al descomponerse la materia orgánica se genera malos olores que al filtrarse al suelo los productos de la fermentación de la basura contaminan las aguas subterráneas, produciéndose una pérdida de la calidad y productividad de los suelos y de las aguas.

3.6 Tratamiento del agua

Purificación de agua por sedimentación

La sedimentación consiste en dejar el agua de un contenedor en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se dirijan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad.

La sedimentación puede ser simple o secundaria. La sedimentación simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de otro tratamiento especial; mientras mayor sea el tiempo de reposo mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbidez será menor, haciendo el agua más transparente.

El reposo natural prolongado también ayuda a mejorar la calidad del agua, pues provee oportunidad de la acción directa del aire y los rayos solares, lo cual mejora el sabor y elimina algunas sustancias nocivas del agua.

La sedimentación secundaria ocurre cuando se aplica un coagulante para producir el asiento de la materia sólida contenida en el agua. (Beldarraín, 2003)

Purificación de agua por Filtración

La filtración es el proceso de separar un sólido del líquido en el que está suspendido al hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente.

Se emplea para obtener una mayor clarificación, generalmente se aplica después de la sedimentación para eliminar las sustancias que no salieron del agua durante su decantación.

Purificación de agua por Desinfección

Se refiere a la destrucción de los microorganismos patógenos del agua ya que su desarrollo es perjudicial para la salud. Se puede realizar por medio de ebullición que consiste en hervir el agua durante 1 minuto y para mejorarle el sabor se pasa de un envase a otro varias veces, proceso conocido como aireación, después se deja reposar por varias horas y se le agrega una pizca de sal por cada litro de agua. Cuando no se puede hervir el agua se puede hacer por medio de un tratamiento químico comúnmente con cloro o yodo. (Beldarraín, 2003)

Purificación de agua por Cloración

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua

de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar.

Purificación de agua por Ozono

Es el desinfectante más potente que se conoce, el único que responde realmente ante los casos difíciles (presencia de amebas, etc.). No comunica ni sabor ni olor al agua; la inversión inicial de una instalación para tratamiento por ozono es superior a la de cloración pero posee la ventaja que no deja ningún residuo.

Purificación de agua por rayos ultravioleta

La desinfección por ultravioleta usa la luz como fuente encerrada en un estuche protector, montado de manera que, cuando pasa el flujo de agua a través del estuche, los rayos ultravioleta son emitidos y absorbidos dentro del compartimiento. Cuando la energía ultravioleta es absorbida por el mecanismo reproductor de las bacterias y virus, el material genético (ADN/ARN) es modificado, de manera que no puede reproducirse. Los microorganismos se consideran muertos y el riesgo de contraer una enfermedad, es eliminado. (Gómez, 2004)

3.7 Prueba química

Cloro residual: El cloro es un producto químico ampliamente disponible; cuando este se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas; sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen, si se añade suficiente cloro quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los microorganismos, cuando se añade cloro, éste purifica el agua al destruirla estructura celular de los microorganismos, lo cual los elimina.

El cloro debe estar en contacto con el agua, durante 30 minutos a una temperatura mayor de 18°C. Si el agua está más fría, el tiempo de contacto se debe incrementar. Por esta razón, es normal que se le añada cloro apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor.

La efectividad del cloro también se ve afectada por el pH (acidez) del agua. La cloración no es efectiva si el pH es mayor de 7,2 o menor de 6,8. El cloro se usa como desinfectante con mayor frecuencia cuando el agua se suministra mediante tuberías. La cloración regular de otros suministros de agua es difícil y se reserva usualmente para la desinfección después de la reparación y el mantenimiento.

DPD (Dietil-para-fenil-diamina)

Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual, se añade una tableta de reactivo a una muestra de agua, que la tiñe de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Entre más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua.

Cualquier técnica que se utilice para medir cloro residual en el agua debe ser capaz de diferenciar entre cloro residual libre (CRL) y cloro residual combinado (CRC). Cuando se realiza la cloración, sólo en las aguas que presentan CRL se ha satisfecho su demanda de cloro, y existen garantías de una adecuada desinfección.

3.8 Tipos de filtro de membrana

Filtros de profundidad: Estos filtros están elaborados por un material fibroso (papel, asbesto o fibra de vidrio) dispuesto al azar, de manera que dentro de la estructura del filtro se crean vías tortuosas donde pueden quedar retenidos la mayoría de los contaminantes presentes.

Entre sus ventajas se encuentran su alta capacidad de retención de partículas sobre su superficie y a través de toda su estructura y que permiten filtrar grandes volúmenes. Sin embargo, tienen como desventajas que no presentan un tamaño de poro uniforme y existe la posibilidad de liberación, hacia el material filtrado, de partículas y microorganismos que hayan crecido dentro del filtro. Dadas sus características los filtros de profundidad se usan principalmente como prefiltros, ya que permiten eliminar las partículas grandes pero no la eliminación total de los microorganismos. (Carrillo, 2008)

Filtros de superficie: Son filtros elaborados generalmente de acetato de celulosa o nitrato de celulosa y contienen poros de tamaño uniforme. Este tipo de filtro tiene como ventaja que, al conocer exactamente el tamaño de poro que presentan, se pueden seleccionar filtros capaces de retener la totalidad de los microorganismos presentes en una solución. Sin embargo, se saturan rápidamente y la velocidad de filtración a través de ellos es lenta. Para la filtración esterilizante se pueden usar combinaciones de un filtro de profundidad con un filtro de superficie que tenga un tamaño de poro de 0.22 μm . La mayor parte de los filtros de membrana se pueden esterilizar en autoclave y luego se manipulan asépticamente al ensamblar el equipo.

3.9 Métodos para la determinación bacteriológica

Métodos de filtración por membrana

Los filtros de membrana son filtros de superficie, que muestran una estructura microporosa precisa. Durante la filtración las partículas mayores de los poros de la membrana son retenidas de forma fiable en la superficie de la misma. Las partículas más pequeñas pueden pasar con mayor facilidad por el filtro.

El número de coliformes totales presentes en el agua se determina mediante la filtración de volúmenes específicos de la muestra a través de filtros de membrana. Por lo general, están compuestos de ésteres de celulosa, típicamente con poros de 0,45 mm de diámetro que

retienen los coliformes totales y otras clases de bacterias presentes en la muestra. Después se incuban las membranas vueltas hacia arriba en un medio selectivo.

La técnica de filtración por membrana es altamente reproducible, puede utilizarse para estudiar volúmenes relativamente grandes de muestras y proporciona resultados numéricos más rápidos que el método de tubos múltiples. (APHA, 1992)

La técnica de filtración por membrana es extraordinariamente útil para controlar las posibles situaciones de urgencia en relación con el agua potable y para estudiar distintas aguas naturales. Sin embargo, esta técnica tiene limitaciones, sobre todo para estudiar aguas con elevada turbidez o que contengan bacterias no Coliformes. (HACH, 2000)

Fundamento del método de Filtración por Membrana

El método filtración de membrana se basa en hacer pasar la muestra de agua problema a través de un filtro de membrana microporosa, en cuya superficie quedan retenidos los microorganismos. (Diaz , 1992)

Ventajas del método de filtración

- Prontitud con que puede obtenerse los resultados y en consecuencia, se pueden llevar a cabo rápidamente correcciones correctivas y operar de nuevo de forma normal.
- Esta técnica puede aplicarse en el análisis de casi todo los tipos de agua excepto en la que muestra elevada turbiedad, pues la membrana se obstruirá antes de que pueda filtrarse la cantidad suficiente.
- Posibilidad de estudiar volúmenes relativamente grandes de muestra.
- Esa técnica efectúa un recuento indirecto de las colonias individuales así como también el análisis de la morfología de las colonias. (OPS Guías para la calidad del agua potable, 1987)

Desventajas

- Altas concentraciones de bacterias no coliformes interfieren en el recuento.

- Altos niveles de turbiedad pueden interferir en el análisis.

Fundamento de Número más probable

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

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.

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.

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 $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 horas.

Fundamento para confirmar *Escherichia coli*

La mayoría de las cepas de *Escherichia coli*, incluso las cepas no productoras de gas producen la enzima beta-glucoronidasa (GUD), la cual rompe el sustrato específico 4-metilumbeliferil-beta-D-glucorònido (MUG) en 4-metilumbeliferona (MU); el cual al ser expuesto a una fuente de luz ultravioleta (UV) de onda larga (365 nm) produce un fluorescencia azul fácil de observar. (Camacho, 2009)

Ventajas del NMP:

- La capacidad de estimar tamaños poblacionales basados en atributos relacionados a un proceso (selectividad).
- Suele ser más rápido e igual de confiable que los métodos tradicionales de esparcimiento en platos de cultivo
- Se utiliza para contar microorganismos que son difíciles de cultivar en medio sólido.
- se usa para determinar el número de células de un cultivo mixto que pueden crecer en un medio líquido determinado.

Desventajas

- No detectan las poblaciones con menos de una célula por mililitro, sólo permite microorganismos viables.
- Tiene la necesidad de un gran número de copias duplicadas con las diluciones adecuadas.

4.0 Parámetros Bacteriológicos de la Normas CAPRE

Agua Tratada				
Origen	Parámetro (a)	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Observaciones
A. Todo Tipo de agua de bebida	Coliformes Termorresistente	Negativo	Negativo	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliformes total	Negativo	≤ 4	en muestras no consecutivas
	Coliformes Termorresistente	No debe ser detectado en ninguna muestra de 100 mL	95% de Negatividad en el año (b)	
C. Agua Tratada en el sistema de Distribución	Coliformes total	Negativo	≤ 4	En muestras Puntuales
	Coliformes Termorresistente	Negativo	Negativo	No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales

a) NMP/100 ml, en caso de análisis por el método de Tubos Múltiples o U.F.C. 100 ml, en el caso del Método de Membrana Filtrante. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *E.coli*. Los coliformes totales no son un indicador aceptable de la calidad sanitaria de los acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.

b) En los Análisis de control de calidad se determina la presencia de Coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliformes termorresistente. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración la muestra positiva para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país.

En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año el porcentaje de negatividad debe ser $\geq 90\%$.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de estudio: El presente estudio es descriptivo de corte transversal

Área de estudio: Corresponde a 12 barrios que se abastecen de agua potable en el municipio El Crucero del Departamento de Managua con extensión territorial de 210 km² localizado al sur de la ciudad de Managua, iniciando en el km 12.9 de la carretera panamericana sur, y finalizando en el km 29 de la misma carretera.

Universo y muestra: Lo constituyen 1188 viviendas en estudio del municipio El Crucero que cuentan con el servicio de ENACAL, se tomaron 30 muestras de agua potable que corresponde al 2.5% del universo.

Tipo de muestreo: Es no probabilístico por conveniencia.

Criterio de inclusión:

- Las aguas deben ser tratadas y provenientes del sistema de red de distribución de ENACAL.
- Que sean viviendas del municipio El Crucero.
- Que los propietarios de dichas viviendas nos den su consentimiento y estén dispuestos a acceder a la toma de la muestra.

Métodos e instrumentos de recolección de datos

El instrumento utilizado para la recolección de la información es una guía de observación la cual fue diseñada con el objetivo de conocer los factores que se pueden asociar a la contaminación del agua. Se elaboró una encuesta dirigida a los propietarios de dichas viviendas donde se recolectó las muestras y hoja de resultado de laboratorio la cual nos sirvió de guía para la realización de la discusión de los resultados obtenidos.

Procesamiento de análisis: El procesamiento y análisis de los resultados se realizó con programas informáticos como Microsoft Word, Excel 2007 para la elaboración de tablas y

gráficas donde se observó la frecuencia y el porcentaje del estudio realizado y Power Point para la presentación del trabajo final.

Obtención de la muestra: Para la realización del análisis bacteriológico del agua de consumo en el municipio El Crucero se seleccionaron 12 puntos de muestreos en donde las muestras fueron tomadas en 3 momentos para ser procesadas por el método de filtración por membrana en la búsqueda de coliformes totales y número más probable para la confirmación de *E.coli*, los cuales fueron seleccionados por el epidemiólogo Dr. Eduardo Solís del Centro de Salud Nuestra Señora de Las Victorias de este municipio, entre los cuales tenemos los siguientes puntos: Manuel Moya, Km 29, Acueductos las Nubes, Barrio Juan José Quezada, Comunidad Religiosa, Barrio Edgar Lang, puesto de agua El Mercadito, Centro de Salud, Los Solices, Los Alemanes Km 16. Las visitas realizadas a estos barrios prestaban el servicio de agua potable siendo esta una manera factible para la obtención de las muestras.

Consentimiento de la población: Una vez en el municipio El Crucero se les comunico a los pobladores que se recolectaría una muestra de agua proveniente del grifo con el objetivo de realizar un análisis bacteriológico con el fin de conocer la calidad del agua que están consumiendo, donde ellos accedieron de manera positiva.

Limitantes del estudio: Se decidió tomar estos puntos de muestreo debido a la falta de este servicio brindado por ENACAL en el municipio El Crucero, siendo esta una limitante en el momento que se recolectó la muestra de agua potable.

Procedimiento

Determinación de cloro residual por el método de DPD

1. Recolectar el agua hasta la marca de aforo del clorímetro
2. Agregar una tableta de DPD en el agua y agitarla.
3. Comparar el color de la muestra con la norma de los colores marcados en el clorímetro.

Toma de muestra de grifo conectado directamente de la red

1. Con la ayuda de una torunda de algodón impregnada en alcohol al 70% se limpia y retira del grifo cualquier tipo de materia extraña adherida a la boca de salida. Se abre el grifo, hasta que alcance su flujo máximo y dejar correr el agua durante 2 minutos. Este procedimiento limpia la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería.
2. Desenroscar el frasco de muestreo que está cubierta con papel.
3. Llenar el frasco hasta el 75% de su capacidad para facilitar la homogenización.
4. Colocar el tapón al frasco. Enroscar la tapa y fijar con el papel.
5. Rotular el frasco con el código correspondiente a la muestra.(Aurazo de Zumaeta, 2004)
6. Luego fueron transportadas en un termo con refrigerante al laboratorio del centro nacional de diagnóstico y referencia para su debido análisis por el método de filtración por membrana y número más probable para *Escherichia coli*.

Procedimiento para filtración de membrana

Materiales y equipos

Filtros estériles de membrana de celulosa con una porosidad de 0.45 um de diámetro.

Platos Petri de 48 mm x 8.5 mm.

Pinzas estériles.

Mechero de bunsen, para mantener el ambiente aséptico y efectuar la desinfección de las pinzas utilizadas.

Incubadora bacteriológica de 35°C y 44.5°C.

Termómetro para controlar la temperatura

Estufa para esterilizar.

Un sistema de filtración (una bomba de vacío, 2 frascos Erlenmeyer, mangueras de conexión y portafiltros previamente esterilizados).

Agar ENDO (para coliformes totales).

Agar m-FC (para coliformes termotolerantes).

Metanol al 95%

Ácido rosólico al 1% en NaOH al 0,2N.

Agua destilada para la preparación de los medios.

Procedimiento

1. Se esteriliza el equipo de filtración y se colocan los filtros de membrana en los equipos con pinzas estériles.
2. Homogenizar la muestra 25 veces.
3. Filtrar un volumen de 100 ml de la muestra de agua en los embudos del equipo y filtrar con la ayuda de una bomba de vacío.
4. Apague la bomba de vacío cada vez que finalice la operación.
5. Se remueven los embudos del equipo de filtración, con la ayuda de una pinza estéril, retirar el filtro de membrana cuidando de que la pinza toque apenas la parte periférica, fuera del área de filtración. Colocar los filtros con la superficie cuadrículada hacia arriba en los platos Petri conteniendo los medios específicos ENDO y m-FC.
6. Verificar que no se forme bolsas de aire entre la membrana y la superficie del agar. Si esto ocurre levantar uno de los bordes del filtro de membrana con una pinza estéril y haciendo movimientos circulares, deslizarlo con la finalidad de eliminar las

bolsas, pues ellas impiden el contacto con el medio de cultivo y se dificulta o evita su crecimiento. Tapar el plato Petri.

7. Incubar los plato Petri colocándolos en posición invertida; para coliformes totales (platos con medio m-ENDO) se incubara a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
8. Los platos Petri destinados para coliformes termotolerantes (m-FC) se incuban a $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
9. Realizar el procedimiento de la esterilización del embudo para filtrar una nueva muestra.
10. Contar las colonias y registrar los resultados en bitácora.
11. Verificar: con una asa esterilizada tomar 3 UFC inoculando en Caldo Lauril Triptosa Simple y Bilis Verde Brillante incubando a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento para Número Más Probable

Materiales y equipos

Incubadora bacteriológica de 35°C

Tubos de ensayo con campana de Durham 18 x 50 mm

Asas redondas de micrón o platino

Gradillas, mechero, papel absorbente

Caldo Lauril Triptosa Simple (CLS)

Caldo Bilis Verde Brillante (CBVB) al 2%

Medio (EC)

Verificación para Escherichia coli por el método Número más Probable.

Prueba presuntiva

1. Con una asa esterilizada tomar 3 UFC inoculando en Caldo Lauril Triptosa Simple y Caldo Bilis Verde Brillante al 2% con tubo de Durham incubando a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. durante 24 - 48horas.
2. Reportar como positivo los tubos en los que se observe turbidez y producción de gas dentro del tubo Durham.

Prueba confirmativa

1. Transferir de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo de la prueba presuntiva a otro tubo que contiene Medio EC con tubo de Durham. Agitar los tubos para homogenizar.
2. Incubar a $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en un baño maría de agua durante 24 horas.
3. Reportar como positivo los tubos que se observen con turbidez y producción de gas.

Prueba confirmativa para *Escherichia coli* utilizando caldo EC+MUG (4 metil-umbeliferil- β -D-glucorònido)

1. A partir de la fase presuntiva de cada tubo que resulte positivo; que muestre la formación de gas y turbidez, tomar una azada y sembrar en un número igual de tubos con medio de confirmación EC+MUG.
2. Incubar a $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en baño maría durante 24 horas
3. Examinar bajo la acción de una luz UV 365 nm en cuarto oscuro los tubos que presenten turbidez y observar fluorescencia azul clara, lo cual se considera como prueba positiva.
4. Utilizar estos resultados para calcular el número más probable de *E. coli*.

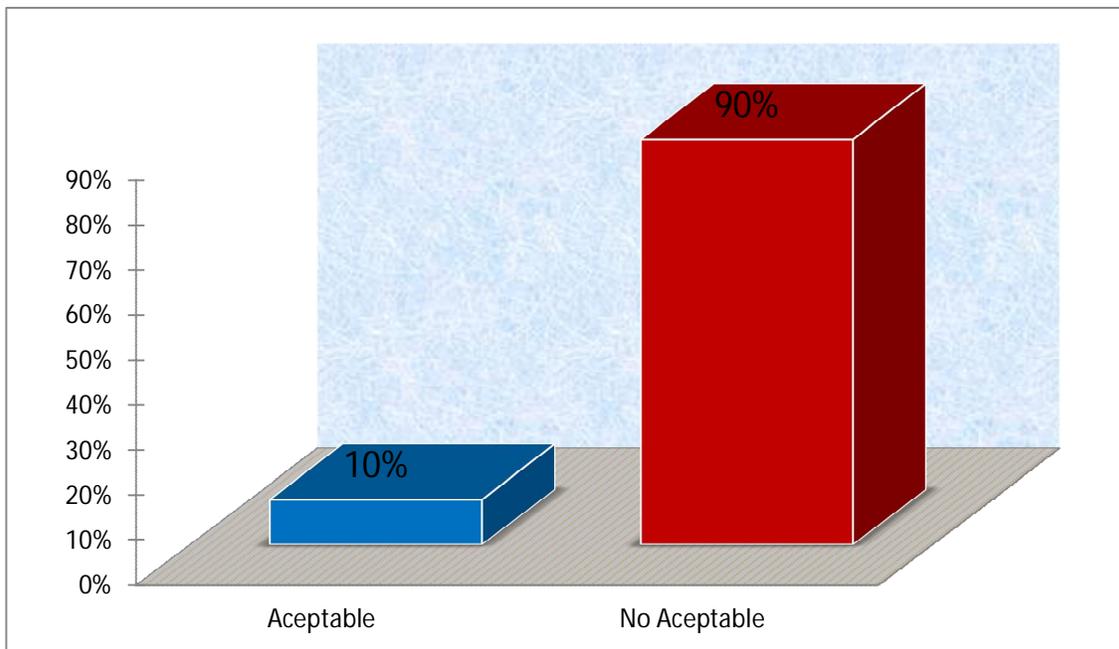
V. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Sub-variables	Indicadores	Valores	Criterios
Concentración de cloro residual		Método dietil-para-fenilendiamina (DPD)	>0.5 mg/L <0.5mg/l > 1 mg/L	-Aceptable -No aceptable
Coliformes totales, termotolerantes y <i>Escherichia coli</i>	-Método de filtración por membrana	-Coliformes totales -Coliformes termotolerantes	≤ 4 Negativo	-Aceptable -No aceptable
	-Método del Número más Probable	<i>Escherichia coli</i>	≤ 4 Negativo	-Aceptable -No aceptable
Factores asociados a la contaminación	Tipos de redes de distribución	-PVC -Galvanizada	SI-NO SI-NO	
	-Abastecimiento de agua.	-Diario (por horas). -Cada 8 o 15 días	SI-NO SI-NO	
	-Tratamiento que se realiza al agua	-Cloración	SI-NO	
	Condiciones de la llave de grifo	-Grifo en mal estado -Grifo en buen estado.	SI-NO SI-NO SI-NO	-Quebrados -Grifos dañados -Con fugas
	Ubicación de los depósitos de basura.	-Cerca del grifo. -Lejano del grifo.		SI-NO SI-NO
	Fuente de abastecimiento	-Pozos -Ríos	SI-NO SI-NO	-Aceptable
Valores establecidos por la Norma CAPRE en NMP y FM	Agua tratada en el sistema de distribución	-Coliformes Totales -Coliformes Termotolerantes	≤ 4 Negativo	-No aceptable

VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

GRÁFICO No. 1

Determinación del cloro residual mediante la aplicación del método colorimétrico de Dietil para-fenilendiamina (DPD) en agua potable del municipio El Crucero Departamento de Managua Julio- Diciembre 2014.



Fuente: Tabla No. 1

Este gráfico refleja la determinación de cloro residual por el método DPD, en donde se analizaron 30 muestras de agua potable obteniendo como resultado una concentración de cloro residual aceptable en 3 muestras para un 10% y no aceptable en 27 muestras para un 90%.

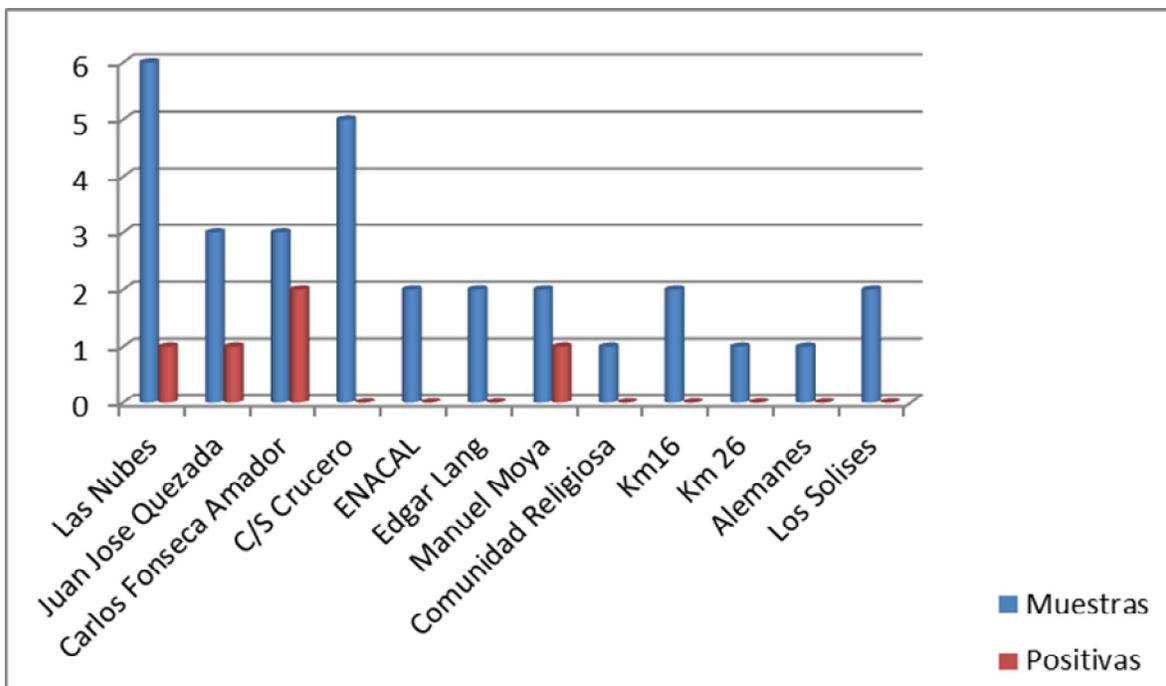
La dosis de cloro que ENACAL agrega al agua es de 2 galones de cloro puro por cada 48 galones de agua, dando una concentración de cloro 0.5 mg/L. Según la norma CAPRE las concentraciones aceptables de cloro residual que entra al sistema de distribución de agua potable tiene que encontrarse entre 0.5 - 1 mg/L (ppm) para asegurar que el agua está siendo tratada para potabilizarla.

La determinación del cloro evidenció que solo un 10% en las muestras de agua en estudio presentaban cloro residual en las concentraciones establecidas por la norma CAPRE. En estudios realizados por ENACAL en el año 2013 y 2014 se encontró que el comportamiento en cuanto a la concentración de cloro se mantuvo similar a los resultados obtenidos en nuestro estudio en este municipio.

La deficiencia de cloro en los puntos de muestreo se debe a que estas viviendas están lejanas de la bomba de agua y las concentraciones de cloro residual no son suficientes para cubrir la red lo que permite la proliferación de microorganismos.

GRÁFICO No. 2

Determinación de coliformes totales por el método de filtración por membrana del agua potable del municipio El Crucero Departamento de Managua Julio- Diciembre 2014.



Fuente: Tabla No. 2

En este gráfico se muestran los resultados obtenidos por el método de filtración por membrana de 30 muestras de agua de grifo analizadas en busca de Coliformes Totales en el cual se obtuvieron 5 muestras positivas con los siguientes resultados: N°3= 12 UFC/100ml, N°12=Demasiado para contar (DPC) UFC/100ml, N°21= 5 UFC/100ml, N°22= 6 UFC/100ml, N°29= 12 UFC/100ml.

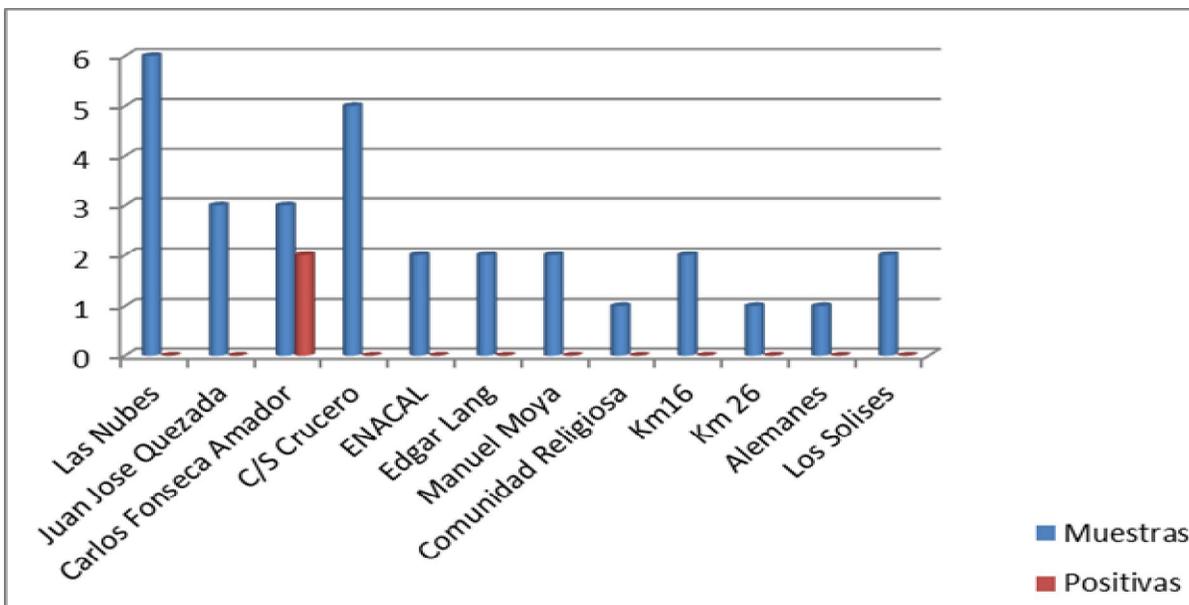
En donde se observó que en estos puntos hubo presencia de coliformes totales, siendo el barrio más afectado Carlos Fonseca Amador con dos muestras y el Bo. Las Nubes, Juan José Quezada y Manuel Moya con una muestra respectivamente.

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

En análisis de agua realizados por el MINSA en los años 2013 y 2014 se evidenció que el 54% de los lugares muestreados resultaron positivos para coliformes totales siendo este un factor de contaminación para el agua potable, estas bacterias no deberían ser detectadas en aguas tratadas porque indicaría que el tratamiento utilizado es inadecuado.

GRÁFICO N°3

Determinación de coliformes termotolerantes por el método de Filtración por Membrana para agua potable en el municipio el Crucero Departamento de Managua Julio-Diciembre 2014.



Fuente: Tabla N° 3

Este gráfico presenta los puntos que fueron seleccionados para la recolección de las muestras en estudio ya que estos barrios cuentan con el servicio de agua potable distribuidas por el sistema de ENACAL, se tomaron 30 muestras de agua de grifo las que fueron procesadas por el método de filtración por membrana para la búsqueda de coliformes termotolerantes, de estas muestras resultaron positivas 2, N° 3= 2 UFC/100 ml y N°12= DPC UFC/100 ml correspondientes al barrio Carlos Fonseca Amador.

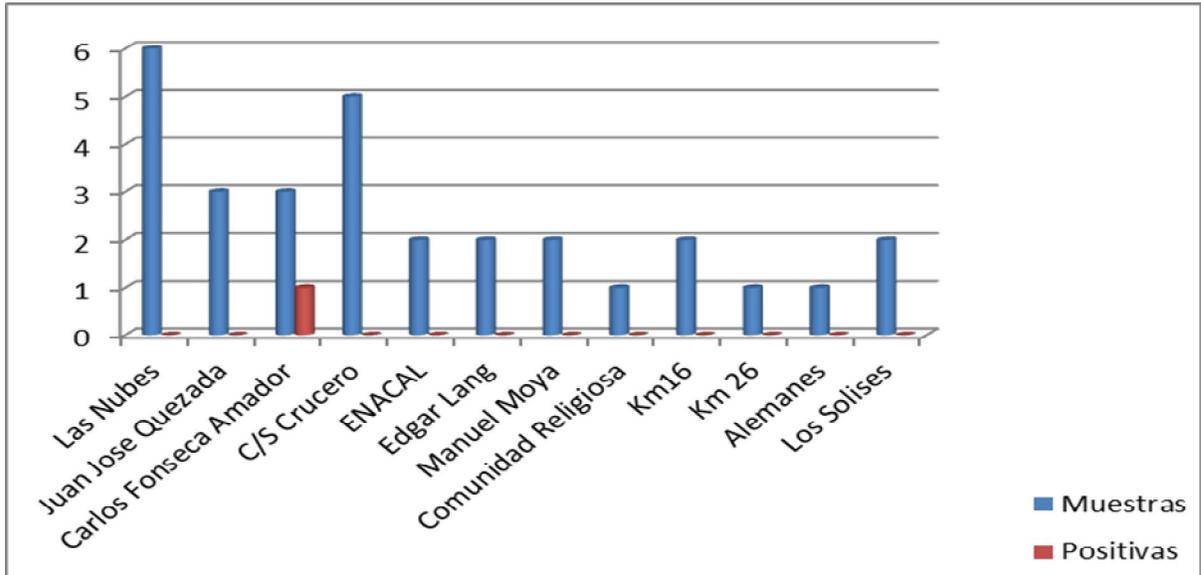
La presencia de coliformes termotolerantes presentes en estos puntos de **distribución es debido a que el tiempo que fluye el agua en las tuberías es demasiado corto** o alguna ruptura puede influir en el crecimiento de biopelícula siendo uno de los factores más propicio para el crecimiento de estos coliformes que inciden en el deterioro de la calidad del agua, otro factor es la ausencia de cloro en algunos puntos de distribución lo cual significa un riesgo para la salud de los que la consumen, donde la presencia de estas

bacterias se relaciona directamente a la contaminación de heces de humano y animales de sangre caliente.

Según los resultados obtenidos por ENACAL durante el año 2014 se obtuvieron 3 muestras positivas donde hubo crecimiento para coliformes termotolerantes donde ellos repitieron dichas muestras para comprobar sus resultados anteriores. La empresa ENACAL como solución a esta problemática recomendó al servicio de acueductos de El Crucero que agreguen mayor cantidad de cloro a la red de distribución.

GRÁFICO N°4

Determinación de *Escherichia coli* por el método NMP para agua potable en el municipio El Crucero Departamento de Managua Julio-Diciembre 2014.



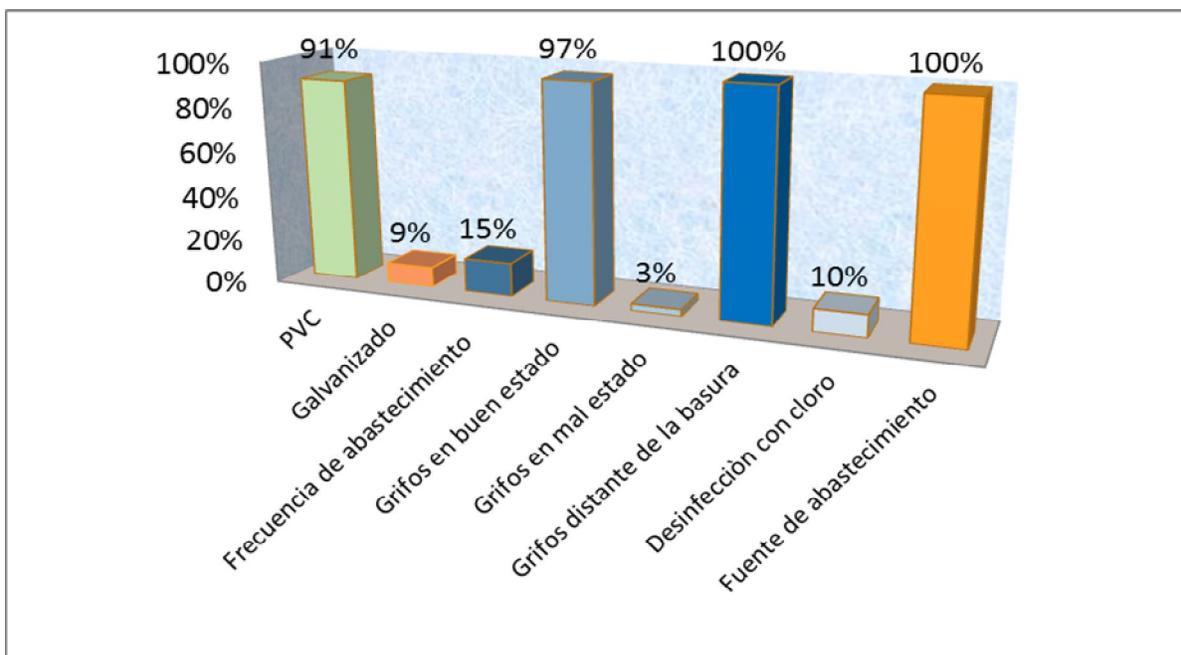
Fuente: Tabla N°4

El gráfico N° 4 muestra los resultados obtenidos para *Escherichia coli* utilizando el método del número más probable en el cual se demuestra que solo un punto de los muestreados que corresponde al barrio Carlos Fonseca Amador resultó con una muestra positiva para éste microorganismo lo que representa el 3%, la presencia de esta bacteria en este punto indica que hubo fallas en el tratamiento con respecto a la distribución de cloro o en la propia fuente domiciliar en donde se detectó *E.coli*.

Este tipo de bacteria es un habitante común del intestino de todos los humanos y animales de sangre caliente, es el principal indicador de contaminación fecal. La mayoría de las *Escherichia coli* son inofensivas, sin embargo algunos tipos pueden causar enfermedades y causar diarrea especialmente en niños y en adultos con sistema inmunológico debilitado.

GRÁFICO N°5

Principales factores asociados a la contaminación del agua potable en las redes de distribución de las viviendas del municipio El Crucero Departamento de Managua Julio-Diciembre 2014.



Fuente: Tabla N°5

Este gráfico representa los principales factores asociados a la contaminación del agua potable según los datos que se obtuvieron reflejan que el 91% de las redes de distribución son de policloruro de vinilo (PVC) siendo este tipo de tubería apta para el transporte del agua potable hacia las viviendas ya que es un material que asegura y protege el agua de cualquier sustancia extraña y el 9% son galvanizadas siendo no apto para la distribución debido que con el tiempo este tipo de tubería puede presentar problemas de corrosivo y esto puede ocasionar la acumulación de sedimentos y proliferación de microorganismos.

La frecuencia en la que se abastecen del servicio de ENACAL es deficiente debido a que el agua de El Crucero es distribuida dependiendo el sector que puede ser cada 2 días, 3 días, 8 o 15 días lo que equivale a un 15%, el problema de este servicio se debe a la cantidad de

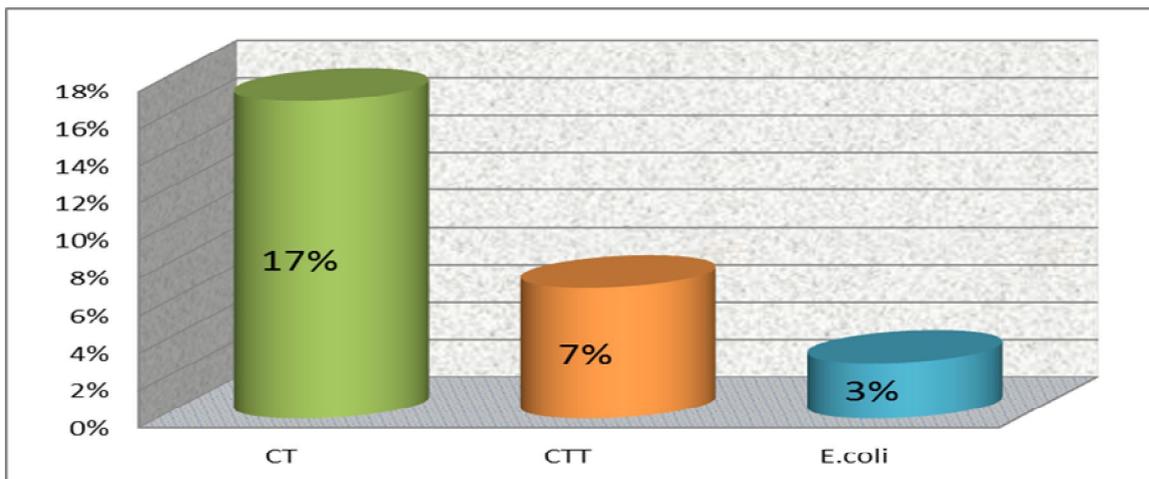
población existente en este municipio por lo que ENACAL no cuenta con la cantidad de redes suficientes para toda la población lo que conlleva a los habitantes a almacenar el agua en recipientes y esto tiende a exponerlos a contraer múltiples enfermedades causadas por la falta de agua potable y la proliferación de microorganismos en las tuberías.

Los grifos se encuentran en un 97% en buen estado lo que nos asegura que no se producirá una pérdida de agua que puedan servir como un lugar apto para la sobrevivencia de mosquitos transmisores de diferentes enfermedades y un 3% en mal estado. La ubicación de los depósitos de basura se encuentran lejanos del grifo de agua de consumo humano lo que equivale a un 100%; al descomponerse la basura la materia orgánica procedentes de las actividades que se llevan a cabo en los hogares esto generará contaminación produciendo una pérdida de la calidad del agua, esta acción de los habitantes contribuye a la buena calidad de agua del consumo y de esta manera ayuda a evitar su contaminación.

Este gráfico también refleja la cloración del agua con un 10% siendo el tratamiento utilizado para la potabilización del agua la cual es confirmada mediante el método DPD-1, con la detección de cloro se comprobó que en algunos puntos del muestreo del municipio El Crucero no se eliminaron diferentes tipos de microorganismos que puedan alterar la inocuidad del agua potable y a su misma vez puede afectar la salud de la población, la fuentes que abastece a este municipio es de 100% proveniente de pozos ubicados en Ticuantepe y es trasladada a través de tuberías donde se le aplica tratamiento de desinfección. Para obtener agua segura se necesita un esfuerzo tanto del personal de ENACAL como la comunidad la cual resultará beneficiosa para todos los habitantes de este municipio.

GRÁFICO N° 6

Análisis de los resultados obtenidos con la norma CAPRE, en muestras de agua potable en el municipio El Crucero Departamento de Managua Julio-Diciembre 2014.



Fuente: Resultados de laboratorio

Este gráfico refleja el 100 % de las muestras pertenecientes al municipio El Crucero a las que se les realizó un análisis bacteriológico donde se observó un 17% de crecimiento para coliformes totales y el 7% para coliformes termotolerantes por el método de filtración por membrana. Estos resultados no cumplen con los valores establecidos ya que para aguas tratadas el valor permitido para coliformes totales debe ser ≤ 4 y para coliformes termotolerantes no debe haber presencia de este microorganismo.

El objetivo de esta norma para evaluar la calidad del agua de consumo humano es proteger la salud pública y reducir aquellos componentes del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad y la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua.

Basándonos en los criterios establecidos por la norma el agua que suministra ENACAL a los pobladores de El Crucero es apta para ser consumida, excepto en un punto muestreado perteneciente al barrio Carlos Fonseca Amador ya que se encontró la presencia de *Escherichia coli* siendo este un indicador de contaminación fecal lo cual representa un riesgo para la salud.

VII. CONCLUSIONES

- 1- En el 90% de las muestras de la red de distribución se encontraron concentraciones de cloro residual libre por debajo del rango normal recomendado por la norma CAPRE.
- 2- Al analizar las muestras de agua potable a través del método de filtración por membrana se determinó que 17% presentó Coliformes totales, el 7% Coliformes termotolerantes y un 3 % para *Escherichia coli* por el método de número más probable.
- 3- Dentro de los principales factores que influyen en la contaminación del agua potable se encontró que no aplican el tratamiento continuo a través de la adición del cloro en el 90%. Las redes de distribución son de PVC en un 91%, el 85 % no tiene servicio de agua durante las 24 horas del día y el 97 % de los grifos no presentaron daños en su estructura
- 4- Al analizar los resultados obtenidos por la norma CAPRE se obtuvo que el agua que consumen los habitantes del barrio Carlos Fonseca Amador no es apta debido a la presencia de *Escherichia coli* y ésta no cumple con los rangos establecidos por este comité.

VIII. RECOMENDACIONES

A la Población

Mantener en óptimas condiciones los recipientes que son utilizados para el almacenamiento del agua de consumo para evitar una contaminación que pueda poner en riesgo su salud.

Concientizar a la población para que utilicen métodos caseros como la cloración para tratar el agua que obtienen y mejorar su calidad.

Al Centro de Salud

Dar seguimiento al programa de vigilancia de la calidad del agua de consumo que es distribuida a través de la red de ENACAL al municipio El Crucero y tomar acciones cuando sea pertinente.

Realizar un monitoreo del cloro residual en la red de distribución del municipio.

A ENACAL

La empresa de ENACAL debe de monitorear la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua dentro del sistema de distribución y almacenamiento.

Las muestras de agua que resulten positivas para coliformes, la empresa deben de determinar las causas y tomar medidas apropiadas para este problema.

La empresa debe incrementar la dosificación de cloro al agua potable para ser distribuida a los habitantes.

A la UNAN-MANAGUA

Realizar estudios que ayuden a mejorar la calidad del agua potable en el casco urbano.

Que los docentes del polisal insten a los estudiantes que realicen investigaciones acerca del agua potable que consume la población.

IX. BIBLIOGRAFIA

1-APHA, awwa-wpcf 1992 Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual Madrid España: ediciones Díaz de Santos, S.A ,1992.

2-Armorea Esther / Gómez Díaz Irene, 2012 características de microorganismos de contaminación. Departamento de Salud de Minnesota Beber.

3-Arochar. GF Brigss Simón. 2000. Desarrollo de Aguas Subterráneas. 2000 Universidad Central de Venezuela; Caracas Venezuela.

4- Aurazo de Zumaeta Margarita. 2004. Manual para análisis básico de calidad de agua de bebida; Lima Perú.

5-Beldarraín Chaple, Enrique, 2003.Enfermedades hídricas / Enfermedades Transmitidas a través de las aguas. 1a. Ed; Ciudad Colón, Costa Rica, Fundación Güilombé, CIRA, 2003).

6-Botanical Online.2010. Causas de la contaminación del agua [En línea] 2010.<http://www.Botanical-Online.com/aguacontaminante.htm>.

7-Carrillo Zapata, Marcela. 2008. Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable. [En línea] Bogotá; diciembre del 2008.

8-CATHALAC. 2000. Centro del Agua del Trópico Húmedo para la América Latina y el Caribe 2000 Tipos de agua, [www.tipos de agua del portal agua.org.mx](http://www.tipos.de.agua.del.portal.agua.org.mx).

9-Cortes Paula Andrea. 2009. Agua Sanitarias Ltda. www.Copyright © 2009 (Agua sanitarias Ltda.). Designby.

10-ENACAL 2006. Proyecto y saneamiento de tipos de agua Managua. [Citado el: marzo 2006] [http://: www.ABCdelagua,1.pdf-AdobeReader](http://www.ABCdelagua,1.pdf-AdobeReader).

11-Gómez, Adela. 2004. Contaminación del Agua, 19 de noviembre de 2004. http://eureka.ya.com/ecositio/cont_agua.htm<http://contaminacion-purificacion-agua.blogspot.com/>

12-HACH. 2000. Procedimientos seleccionados del manual de Hach sobre análisis del agua Loveland, Colorado, EE. UU Versión de la 3° edición en inglés.

13-Manfut P Eduardo. 2000. documento El Crucero revisada Octubre 2000. http://www.infon.gob.ni/municipio/documento/MANAGUA/el_crucero.pdf. Mayo 2000.

14-Marín, Rodrigo. 2008. Reglamento de Agua potable y saneamiento básico. RAS.

15-McJakin, f. Eugene. 1988. AGUA Y SALUD HUMANA México. LIMUSA, 1998.

16-Normas CAPRE. 1993. Normas de calidad del agua potable para el consumo humano. 1^{era} edición: septiembre 1993 revisado en marzo de 1994 comité coordinador regional de institución de agua potable y saneamiento de Centroamérica, panamá y república dominicana.

17-OMS/UNICEF. 2010. Programa de Monitoreo y saneamiento del Abastecimiento del agua potable. [En Línea] 2010.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2010/es/index.html

18-OMS. 2006. Guías para la calidad del agua potable. 3^{era} edición vol 1. [En línea] 2006. http://www.whao.int/wáter_sanitation_health/dwq/gdwq3esfullowsres.pdf.

19-OMS. 2004. Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud [citado en el 2004] <http://www.disaster-info.net/agua/pdf/>.

20-OMS/OPS. 2009. guías técnicas sobre saneamiento agua y salud; guía técnica N°11 [En línea] mayo 2009. [Citado el: 2010 de noviembre de 13.] http://www.disaster-info.net/agua/pdf/11-cloro_residual.pdf.

21-OPS. 1987. Guías para la calidad del agua potable vol.2. Informe analítico de Nicaragua www.OPS.org.

22- Tortora G.J.B.R. Funke and Ch. L. Case 2007. Introducción a la Microbiología 9na Edición. Editorial Médica Panamericana <http://ocw.ub.edu/farmacia/tecnologia-farmaceutica-i/fitxers/temes/T.09-Filtracio.pdf>

23-Wikipedia. 2014. Agua [En Línea].Citado el: 1 ago 2014.<http://es.wikipedia.org/wiki/agua>.

24-Wikipedia. 2010. contaminación del agua [En línea] en octubre del 2010 [Citado el: octubre de 15 del 2010] http://es.wikipedia.org/wiki/contaminación_del_agua.

ANEXOS

GLOSARIO

Agua Potable: Es aquella que no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

Aguas residuales: Es aquel tipo de agua que se halla contaminada especialmente con materia fecal y orina de seres humanos o de animales, así, disponen de otras sustancias residuales provenientes del ámbito doméstico, industrial, agua de lluvia y la típica infiltración de agua en el terreno.

Aguas superficiales: Son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas.

Coloidales: Es una de las principales propiedades de los coloides su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos , también afectan el punto de ebullición del agua y son contaminantes.

Efluentes: Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

Embalses: Se denomina a la acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

Endémico: Se aplica a la enfermedad que se desarrolla habitualmente en una región determinada.

Estuarios: Es la desembocadura en el mar de un río amplio y profundo, e intercambia con esta agua salada y agua dulce, debido a las mareas, La desembocadura del estuario está formada por un solo brazo ancho en forma de tubo.

Eutrofización: Proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes.

Freático: Se aplica al agua que está bajo tierra acumulada sobre una capa de tierra impermeable: las aguas freáticas se pueden aprovechar construyendo pozos

Intermitentes: Que se interrumpe y prosigue cada cierto tiempo: llevamos toda la semana con lluvias intermitentes.

Patogenicidad: Se define como su capacidad para producir enfermedad en huéspedes susceptibles.

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Tabla# 1: Determinación del cloro residual mediante la aplicación del método colorimétrico de Dietil para-fenilendiamina (DPD) en agua potable.

Determinación de cloro	Concentración de cloro	Total de muestras
Valor aceptable 0.5mg/L	0.6	3
	0.7	
	0.8	
	0.9	
	1.0	
Valor no aceptable < 0.5mg/L >1mg/L	0.2	27
	0.3	
	0.4	

Fuente: Clorímetro.

Tabla # 2: Determinación de coliformes totales por el método de filtración por membrana del agua potable.

Barrios Municipio Crucero	Total	Positivo
Las Nubes	6	1
Juan José Quezada	3	1
Carlos Fonseca Amador	3	2
C/S Crucero	5	0
ENACAL	2	0
Edgar Lang	2	0
Manuel Moya	2	1
Comunidad Religiosa	1	0
Km16	2	0
Km 26	1	0
Alemanes	1	0
Los Solises	2	0

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Tabla # 3: Determinación de coliformes termotolerantes por el método de Filtración por Membrana para agua potable.

Barrios Municipio Crucero	Total	Positivo
Las Nubes	6	0
Juan José Quezada	3	0
Carlos Fonseca Amador	3	2
C/S Crucero	5	0
ENACAL	2	0
Edgar Lang	2	0
Manuel Moya	2	0
Comunidad Religiosa	1	0
Km16	2	0
Km 26	1	0
Alemanes	1	0
Los Solises	2	0

Tabla # 4: Verificación de *Escherichia coli* a través del caldo EC+MUG para agua potable.

Barrios Municipio Crucero	Total	Positivo
Las Nubes	6	0
Juan José Quezada	3	0
Carlos Fonseca Amador	3	1
C/S Crucero	5	0
ENACAL	2	0
Edgar Lang	2	0
Manuel Moya	2	0
Comunidad Religiosa	1	0
Km16	2	0
Km 26	1	0
Alemanes	1	0
Los Solises	2	0

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Tabla # 5 Principales factores asociados a la contaminación del agua potable en las redes de distribución de las viviendas.

Factores	Frecuencia	Porcentaje	
Tipos de redes de distribución	PVC	11	91%
	Galvanizada	1	9%
	Cada 3 días	2	17%
Frecuencia de abastecimiento por barrios muestreados	Cada 8 a 15 días	10	83%
Tratamiento que se aplica	Cloración	3	10%
	No contiene cloro	27	90%
Estado de llave de grifo	Grifos dañados	1	3%
	Grifos en buen estado	29	97%
Ubicación de los depósitos de basura	Cerca del grifo de agua de consumo	0	0
	Lejos del grifo de agua de consumo	30	100%
Fuente de abastecimiento	Pozos	30	100%
	Ríos	0	0%

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Tabla: 6 Análisis de los resultados obtenidos con la norma CAPRE, en muestras de agua potable.

Norma CAPRE		Muestras
Valor aceptable: ≤ 4	Coliformes totales	25
Valor aceptable: Negativo	Coliformes termotolerantes	28
Valor no aceptable > 4	Coliformes totales	5
Valor no aceptable: presencia de coliformes termotolerantes	Coliformes termotolerantes	2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

IPS UNAN – MANAGUA

DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO



ENCUESTA

La presente encuesta tiene como objetivo analizar la calidad bacteriológica de agua potable en el municipio El Crucero, Departamento de Managua de Julio – Diciembre 2014.

I – Datos generales

1- Nombre del propietario

2- Ubicación

3- Fecha : _____

II – Desarrollo

Principales factores higiénico sanitaria asociada al a contaminación del agua

1 - ¿Con que frecuencia se realiza la cloración del agua?

- Una vez al día. SI ____ NO ____
- Dos veces al día SI ____ NO ____
- Tres veces al día SI ____ NO ____

Concentración de cloro _____

Otros:

Especifique: _____

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

2 - ¿En qué condiciones se encuentra la llave del grifo?

Grifo en mal estado:

- Quebrados SI _____ NO _____
- Con fugas en las tuberías SI _____ NO _____

Grifos en buenos estados:

- Cierra la llave SI _____ NO _____

3- ¿Cantidad de llave de grifo en la casa?

4- El depósito de basura está cercano a la llave del grifo

SI _____ NO _____

Especifique: _____

Observaciones:

_____ .

Fecha: _____/_____/_____/

Firma del investigador: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

IPS UNAN – MANAGUA

DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO



HOJA DE RESULTADOS

Localidad: _____.

Fecha de muestreo: _____.

Hora de recolección: _____.

Número de la muestra: _____.

Resultado de las pruebas químicas:

Determinación de cloro residual (DPD): _____.

Valores normales: 0.5 – 1 mg/L (ppm)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

IPS UNAN – MANAGUA

DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO



HOJA DE RESULTADOS

Localidad: _____.

Fecha de muestreo: _____.

Hora de recolección: _____.

Número de la muestra: _____.

Resultados del análisis bacteriológico por el método de filtración por membrana

Coliformes totales _____ / 100 ml

Coliformes termotolerantes _____ / 100ml

Valores normales: agua distribuida por tuberías

Coliformes totales: 0 UFC / 100 ml

Coliformes termotolerantes: 0 UFC / 100 ml

Observaciones:

Fecha: _____.

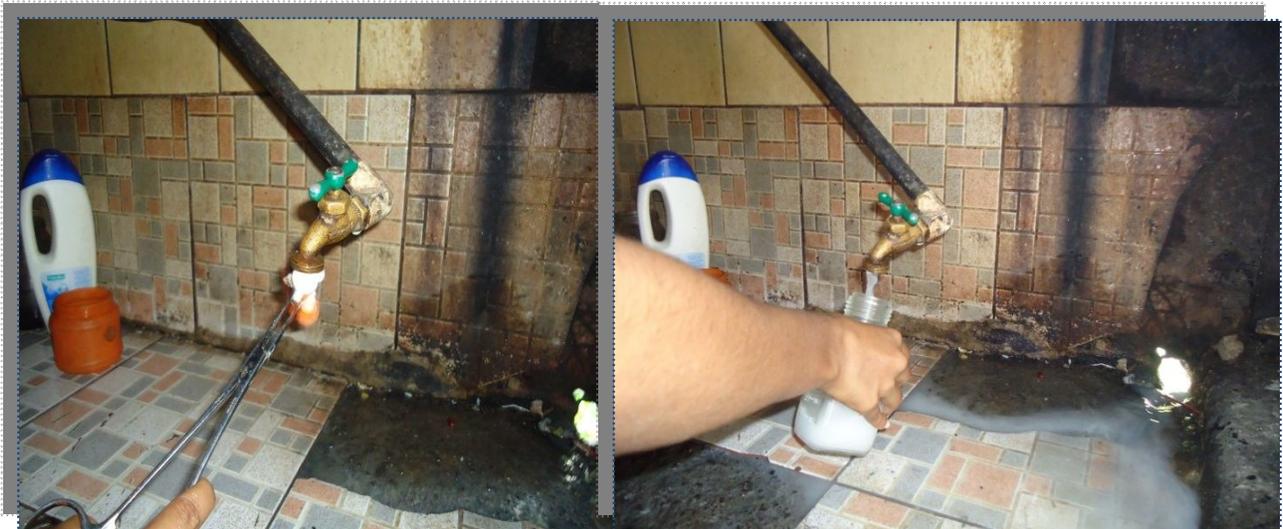
Firma del analista: _____.

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Determinación del cloro residual.



Recolección de la de muestra.



Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Factores que favorecen a la contaminación



Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Procesamiento de las muestras

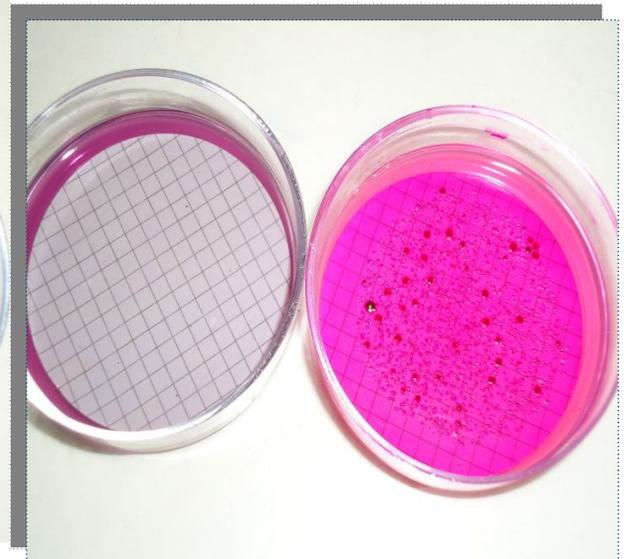
Filtración por membrana



Verificación de *E. coli* por EC+ MUG



Resultados obtenidos de Filtración por Membrana



Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Resultados de la verificación de *Escherichia coli* a través de EC+MUG



Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

HOJA DE RESULTADOS

Determinación de Coliformes Totales y termotolerantes.

Numero	FM		NMP
	ENDO	MFC	Ec+MUG
1	2	<1	
2	<1	<1	
3	12	2	
4	<1	<1	
5	<1	<1	
6	<1	<1	
7	2	<1	
8	<1	<1	
9	<1	<1	
10	<1	<1	
11	<1	<1	
12	DPC	DPC	Positivo
13	<1	<1	
14	<1	<1	
15	<1	<1	
16	<1	<1	
17	<1	<1	
18	<1	<1	
19	<1	<1	
20	3	<1	
21	5	<1	
22	6	<1	
23	3	<1	
24	1	<1	
25	<1	<1	
26	3	<1	
27	1	<1	
28	1	<1	
29	12	<1	
30	<1	<1	

Fuente: Resultados de Laboratorio

GLOSARIO

Agua Potable: Es aquella que no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

Aguas residuales: Es aquel tipo de agua que se halla contaminada especialmente con materia fecal y orina de seres humanos o de animales, así, disponen de otras sustancias residuales provenientes del ámbito doméstico, industrial, agua de lluvia y la típica infiltración de agua en el terreno.

Aguas superficiales: Son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas.

Coloidales: Es una de las principales propiedades de los coloides su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos , también afectan el punto de ebullición del agua y son contaminantes.

Efluentes: Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

Embalses: Se denomina a la acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

Endémico: Se aplica a la enfermedad que se desarrolla habitualmente en una región determinada.

Estuarios: Es la desembocadura en el mar de un río amplio y profundo, e intercambia con esta agua salada y agua dulce, debido a las mareas, La desembocadura del estuario está formada por un solo brazo ancho en forma de tubo.

Eutrofización: Proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes.

Calidad Bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre 2014

Freático: Se aplica al agua que está bajo tierra acumulada sobre una capa de tierra impermeable: las aguas freáticas se pueden aprovechar construyendo pozos

Intermitentes: Que se interrumpe y prosigue cada cierto tiempo: llevamos toda la semana con lluvias intermitentes.

Patogenicidad: Se define como su capacidad para producir enfermedad en huéspedes susceptibles.