



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA
ESPECIALIDAD DE LABORATORIO CLINICO Y ANATOMIA PATOLOGICA

TITULO:

**“FRECUENCIA DE COLIFORMES EN AGUA DE CONSUMO
HUMANO EN UN DISTRITO DE LIMA METROPOLITANA”**

AUTOR: Gómez Herrera Junior Marcial

Tesis de Grado presentada como
requisito para optar el Grado
profesional de Licenciado en
Tecnología Médica, especialidad de
Laboratorio y Anatomía Patológica.

ASESOR: Lic.TM Elmer Dextre Jara

Lima – Perú

2014

Dedicatoria:

A mi abuela Francisca,

A mi madre,

A mi hermana,

A mis tíos y a toda mi familia.

AGRADECIMIENTO

A mi amigo, colega y profesor Lic. TM Pele Félix Espinosa Rivera, por el apoyo siempre incondicional en actividades académicas realizadas

A mis amigos y Profesores Dr. Piero Guillermo Zaldívar Cuya, Lic. TM Elmer Dextre Jara, Lic. TM Raúl Urcuhuaranga Marín y Lic. Jorge Fernández ferbal por ser guías de este estudio así como su apoyo constante.

A mi Universidad alma mater de mi educación “Universidad Alas Peruanas” donde realice mis estudios y mi formación. Asimismo a la diferentes instituciones donde eh laborado.

A todos mis amigos

Finalmente, a todos mis compañeros de diferentes filiales así como de grados ya que gracias a ellos eh aprendido mucho; y a todas las personas que Colaboraron, de una forma u otra en la realización del trabajo presente.

RESUMEN

El agua es un recurso vital, el riesgo más importante relacionado con el agua es el de su contaminación antes, durante o después de su tratamiento ya sea por agentes químicos, físicos y biológicos. Para ello existen parámetros que el agua debe cumplir para ser considerada potable y apta para el consumo humano. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la frecuencia de contaminación microbiana del agua de consumo humano a través de la presencia de coliformes así como también mostrar la asociación de la frecuencia de coliformes respecto a la presencia de *Escherichia coli*, el riesgo de contaminación, casos de diarrea y lugar de toma de la muestra. Se sometió a 112 muestras a un proceso de determinación de la presencia/ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli* por sustrato Cromogenico definido usando el reactivo ReadyCult 100, los resultados mostraron el 14.3 % de las muestras no son aptas para el consumo humano del cual el 56.3% Corresponden a cepas de *Escherichia coli*. También se determinó que la Presencia de coliformes no está relacionada con la presencia de casos de diarrea y lugar de la toma de muestra.

Palabras Clave: Coliformes, *Escherichia coli*, agua potable.

ABSTRACT

Water is a vital resource of great importance especially for human consumption, the most important water-related risk is that of contamination before, during or after treatment either by chemical, physical and biological agents. For this there are parameters that water must meet to be considered safe and fit for human consumption. This study aimed to determine the frequency of microbial contamination of drinking water by the presence of Coliform well as show the association between the frequency of coliform for the presence of *Escherichia coli*, the risk of contamination cases diarrhea and place of sampling. It was subjected to 112 samples to a process for determining the presence / absence of coliforms and *Escherichia coli* by chromogenic substrate defined using reagent Readycult 100, the results showed that 14.3% of the samples were positive for total coliforms of which 56.3% correspond to strains of *Escherichia coli*. It was also determined that the presence of coliform is not related to the occurrence of diarrhea and place of sampling.

Keywords: Coliforms, *Escherichia coli*, water.

Lista de Tablas:

Tabla N° 1 Agua en el Mundo (Ilustración propia)	pág. 22
Tabla N° 2 Parámetros físicos del Agua	Pág. 35
Tabla N° 3 Parámetros Inorgánicos del Agua	Pág. 40
Tabla N° 4 Parámetros Orgánicos	Pág. 40
Tabla N° 5 Parámetros Orgánicos	Pág. 41
Tabla N° 6 Parámetros Microbiológicos del Agua	Pág. 51
Tabla N° 7 Población y Muestra	Pág. 56
Tabla N° 8 Variables e Indicadores	Pág. 56
Tabla N° 9 Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según aislamiento de <i>E. coli</i>	Pág. 59
Tabla N° 10 Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según lugar de muestreo.	Pág. 60
Tabla N° 11 Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según casos de diarrea.	Pág. 60
Tabla N° 12 Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según riesgo de contaminación.	Pág. 60
Tabla N° 13 Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según presencia de animales.	Pág. 60

Abreviaturas:

APEIM.- Asociación Peruana de Empresas de Investigación.

APHA.- Agencia de protección al medio ambiente

CEE.- Comunidad de economía europea

ENAHO.- Encuesta Nacional de Hogares.

EPA.- Agencia de protección ambiental

EPS.- Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento.

INEI.- Instituto Nacional de Estadística e informática.

ITU.- Infección del tracto urinario.

NMP.- Numero más probable

OD.- Oxígeno disuelto.

OMS.- Organización mundial de la salud.

OPS.- Organización Panamericana de la Salud.

PSA.- Programa de protección para el agua

PSA.- Programa de seguridad para el agua

RHP.- Procedimiento para recuento de heterótrofos.

SDT.- Solidos totales Disueltos.

SUNASS.-Superintendencia Nacional de servicios y saneamiento.

UFC. Unidad formadora de colonias

UNT.-Unidad Nefelometría de turbidimetria.

USEPA.-Agencia de protección ambiental de Estados Unidos.

UVC.-Unidad de color verdadero.

VB.- Bilis brillante

Definición de términos:

Coliformes.-Son un grupo de bacterias que poseen características en común y son capaces de poder reproducirse bajo la mismas condiciones,

Coliformes Totales.- Son bacterias que se reproducen en 48 Horas a 35°C y pueden ser de origen ambiental como fecal.

Coliformes Fecales.- llamados también termotolerantes porque se desarrollan en temperaturas elevadas de 45°C y son indicativos de contaminación fecal.

Bacterias Gram Negativas.-En coloración gram se destacan por tener un capa de lipopolisacaridos en la pared bacteriana.

Sustrato Cromogenico.- Es una prueba para la determinación de coliformes Usando enzimas específicas que posee el grupo coliforme.

Filtro de Membrana.-Es un método por él que se determina coliformes usándose un filtro por el cual pasa el agua en el cual quedan retenidas las bacterias.

Culilert.-Técnica para la determinar la presencia o ausencia de coliformes basándose en la producción gas,

Readycult.- Nombre comercial del sustrato Cromogenico por laboratorios Merck.

Lauril sulfato.- Es un caldo medio de cultivo para aislar Coliformes inhibiendo a los Gram positivos y flora acompañante de los coliformes.

Turbidez.-Capacidad del agua para poder dejar pasar la luz demostrando su pureza.

Solidos suspendidos.-Cualquier Objeto encontrado en el agua que cause alteración fisicoquímica o microbiológica.

Anaerobias facultativas.-Bacteria que no usa el oxígeno usualmente pero posee ambas capacidades.

Color aparente.-Causado por solidos o sustancias.

LISTA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	pág.11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	pág.13
2.1 Formulación del problema	pág.16
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	pág.17
4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	pág.17
5. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	pág.18
6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	pág.19
7. BASES TEÓRICAS	pág.21
7.1 Agua.....	pág.21
7.1.1 Características Físicas	pág.23
7.1.2 Características Químicas	pág.23
7.1.3 Características Microbiológicas	pág.23
7.2 Agua De Consumo Humano	pág.24
7.2.1 Agua Potable	pág.24
7.3 Agua de consumo humano en Latino América	pág.24
7.3.1 Agua de Consumo Humano en Perú	pág.25
7.3.2 Agua de consumo Humano en Lima	pág.26
7.3.3 Aguas residuales en Lima	pág.28
7.4 Vigilancia del Agua de Consumo Humano	pág.28
7.4.1 Programa de vigilancia.....	pág.29
7.5 Calidad del Agua de Consumo Humano	pág.31
7.5.1 Criterios de calidad del Agua	pág.32
7.6 Microorganismos indicadores de Calidad del Agua	pág.43

7.6.1	Coliformes	pág.44
7.6.2	Coliformes Totales	pág.44
7.6.3	Coliformes Termotolerantes	pág.46
7.7	Métodos para el control Microbiológico del Agua	pág.52
7.7.1	filtración por membrana (MF)	pág.52
7.7.2	<i>Medio Chromocult para Coliformes</i>	pág.53
7.7.3	Prueba de Presencia/ Ausencia Para Coliformes (A/P).....	pág.54
8.	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	pág.55
9.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	pág.55
10.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	pág.56
11.	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	pág.56
12.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS	pág.56
13.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	pág.57
14.	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	pág.59
15.	DISCUSIÓN FINAL	pág.61
16.	CONCLUSIONES	pág.64
17.	RECOMENDACIONES	pág.64
18.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	pág.65
19.	ANEXOS	pág.74

1. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable para la salud es uno de los derechos humanos. Se define a el agua como apta para el consumo humano, cuando esta no presenta ningún riesgo para la salud humana, para la cual deberá cumplir criterios físicos, químicos y microbiológicos. La calidad del agua está regida por los límites máximo permisibles para agentes físicos, químicos y microbiológicos de cada País.

El agua potable tiene que tener un aspecto, sabor y olor aceptables para el consumidor, el olor y el sabor pueden tener origen físico-químico o microbiológico. Los riesgos más comunes y extendidos para la salud relacionados con el agua de consumo humano son las enfermedades infecciosas causadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (OMS, 2008).

La NTN establecía como límites permisibles un máximo de 500 Bacterias heterotróficas por mililitro y ausencia de coliformes totales y coliformes fecales por 100 mililitros. Estos indicadores bacteriológicos de la calidad del agua no garantizan que esté exenta de riesgo para la salud, debido a que existen gérmenes que pueden encontrarse en el agua cuando no se detectan los indicadores mencionados (Ontiveros, 1983)

El reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano propuesto por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud fue aprobado mediante el decreto supremo (D.S) N° 031-2010-SA, el cual mediante la ley N° 26842 – Ley general de salud tiene como fin la gestión, vigilancia, control y establecer los

requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para su Consumo humano.

El peligro más común con relación al agua de consumo humano es el de su contaminación, directa o indirectamente, debido a la acción de aguas residuales, excretas por el hombre y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales. (Marchand, 2002)

La determinación de coliformes, son uno de los indicadores más importantes de la contaminación del agua, sin embargo existen otros microorganismos indicadores y no cultivables que pueden influir en su contaminación.

La presencia de coliformes en una muestra de 100 ml no siempre indica que el agua está contaminada con microorganismos patógenos, sino que, en términos estadísticos, su concentración es una característica que alerta sobre la existencia de contaminación fecal y de microorganismos patógenos (Campos 1999).

El microorganismo más encontrado dentro de los coliformes es *Escherichia coli*, siendo este un indicador útil de contaminación fecal, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. En ciertos casos, puede ser deseable incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas. (OMS, 2008).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1,4 millones de niños mueren cada día por enfermedades diarreicas, la diarrea ordinaria produce la mayoría de muertes y estas son causadas por las enfermedades relacionadas con el agua, saneamiento e higiene. (Prüss-Üstün, 2008)

En el año 2000, la diarrea fue la causa del 17% de las 10,6 millones de muertes ocurridas en niños menores de 5 años y la malaria del 8%. (OMS, 2007)

OMS 2004; Estimó que el número de muertes por causas relacionadas con agua en América Latina y el Caribe fue de 95.000. Más de la mitad de estas muertes fue por diarrea.

(ONU, 2010). Hoy en día, cerca de 70 millones de personas en Bangladesh están expuestas a aguas que contienen más de 10 microgramos (umbral máximo fijado por la OMS).

Francia. Ministerio de Salud (2007). Publico que más de 3 millones de personas (5,8% de la población) estaban expuestas a aguas cuya calidad no está conforme con los estándares de la OMS (por nitratos, el 97% de las muestras no fueron conformes).

Un estudio en Tacna-Perú demostró que el 63,63% de las marcas de agua embotellada no cumplieron con al menos uno de los parámetros establecidos en la norma NTS N° 071 – MINS/DIGESA-V.01. (Savalaga, 2011)

Un estudio de bacterias indicadoras de calidad del agua en 46 pozos muestreados entre los meses de Abril y Junio del 2012 en los que presentaron un agua para el consumo humano fueron: para recuento de bacterias heterotróficas 2%, para coliformes totales 54% y para bacterias termo tolerantes 11%. De estos pozos 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptas para el consumo humano, 25 (54%) no aptas. (Cutimbo, 2012)

Calidad del agua se refiere a que debe estar libre de elementos que la contaminen y la transformen en un medio de transmisión de enfermedades, por ello merece especial atención. Sin embargo a este problema se le ha prestado poca atención con respecto a otros factores, convirtiéndose en un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades.

A escala mundial 1 100 millones de personas carecen de instalaciones necesarias para abastecerse de agua y 2 400 millones no tienen acceso a sistemas de saneamiento. En América Latina y el Caribe, alrededor de 130 millones de personas carecen de conexiones domiciliarias de agua potable y solamente 86 millones están conectadas a sistemas de saneamiento adecuados. En el Perú 6,5 millones de la población carecen de un adecuado abastecimiento de agua y 11,7 % carecen de un apropiado saneamiento. (OPS 2007)

Se estima que las redes de distribución de agua potable de nuestro país están operativas entre 30 y 50 años, un factor de riesgo para la transmisión de enfermedades.

En los países en vías de desarrollo el escenario se complica por el uso extendido de distribuidores de agua privados de modo informal que cobran el agua a precios de mercado. En estos casos, los hogares más pobres llegan a destinar entre el 3 y el 11% de sus ingresos en agua. (UNDP 2006)

En el 2000, con la formulación de los objetivos de desarrollo del milenio (ODM), la comunidad internacional se comprometió a reducir a la mitad el número de personas sin acceso a agua limpia y a servicios de saneamiento básicos antes de 2015.

Por 1 USD invertido en el mejoramiento del abastecimiento de agua e higiene se recuperan en promedio entre 4 a 12 USD, dependiendo del tipo de intervención. (ONU 2007)

Casi un décimo de la carga global de enfermedades podría ser contenida a través del mejoramiento del abastecimiento del agua, saneamiento, higiene, y la gestión de los recursos hídricos. Tales mejoras reducen la mortalidad infantil y mejoran el estado nutricional y de salud de una manera sostenible. (ONU 2007)

Las mejoras en el abastecimiento de agua potable, en los servicios de saneamiento y en la gestión de los recursos hídricos beneficiarían principalmente a las personas con menores ingresos, que suelen ser las más afectadas. (Cesar 2012)

La organización mundial de la salud (OMS) estima en 9,5 mil millones de USD el costo para cumplir con los objetivos de desarrollo del milenio relativos al saneamiento propuesto para el 2015. Si a esto se añaden los costos totales del tratamiento terciario

de aguas residuales los costos totales ascienden a 100 mil millones de USD, el valor actual del total anual de la asistencia oficial para el desarrollo.

2.1 Formulación del problema

En el Perú el agua está expuesta a su contaminación microbiológica, incluso después de su tratamiento para el consumo humano, por factores como las tuberías cruzadas, filtración de estas, nuevas conexiones domiciliarias y el mal uso de las fuentes de agua.

Problema General:

- Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana.

Problemas Específicos:

- Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada a la presencia de *Escherichia coli*.
- Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada a los casos de diarrea.
- Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada al riesgo de Contaminación.
- Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada al lugar de toma de la muestra.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivos General:

- Determinar la frecuencia de Coliformes en agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana.

Objetivos Específicos:

- Determinar la frecuencia de Coliformes en agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada a la presencia de *Escherichia coli*.
- Determinar la frecuencia de Coliformes en agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada a los casos de diarrea.
- Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada a e riesgo de Contaminación.
- Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, asociada al lugar de toma de la muestra.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la OPS, 80% de la ocupación de hospitales se debe al consumo de agua contaminada, Debido a la falta de cultura la mayoría de empresas de agua potable de las ciudades y pueblos arrojan aguas servidas en cuerpos y cursos de agua. Este problema se vuelve particularmente crítico en ciudades como Lima, que tiene 8 millones de habitantes (Jiménez y Galicia, 2012)

Es importante evaluar y conocer la calidad del agua que consumimos que está expuesta a la contaminación, que debe ser controlada y tratada por las empresas prestadoras de servicios y saneamiento (EPS), esto no garantiza que esta llegue pura hasta los hogares puesto que en el recorrido del agua existen factores como la edad de los distribuidores del agua, filtración de tuberías, nuevas instalaciones de los distribuidores de agua, y el mal uso o falta de higiene de las personas, que pueden contaminar el nuevamente.

5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

1. El estudio solo se limita al análisis de la presencia o ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli* más no otros parámetros físicos y químicos de la calidad del agua.
2. En la actualidad en el Perú, se encuentran escasos estudios sobre el Agua de consumo humano, por lo cual no se tiene un conocimiento claro de la calidad del agua que consumen pobladores.
3. Este estudio se limita a estudiar solo al agua potable más no otros fuentes del agua de consumo humano.
4. Se obtuvieron datos incompletos de la dirección donde se tomó de muestra, lo que impidió establecer una variable Adicional.

6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Valiente CM, Estudio Bacteriológico del Agua Asociado a Brotes de Diarrea en Costa Rica, 1999-2005. El estudio se realizó en 115 brotes durante marzo 1999 y junio del 2005 donde se halló las bacterias: *Escherichia coli*, *Samonella spp*, *Shigella sp*, *Enterobacter sp*, *Citrobacter sp*, *Serratia sp*, *Providencia sp*, *Proteus sp*, *Klebsiella sp*, *Aeromonas hydrophila* y *Pseudomonas spp*. Cabe destacar que en los lugares Jesus de santa bárbara se aisló >700 casos positivos para *Shigella sonnei* en muestras de agua como de personas así también en Santa bárbara centro Heredia se aisló >118 casos para *Escherichia coli* EIEC.

Díaz ME et al 2003. Incidencia y Viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en el Agua Potable de Ciudad de Obregon, Sonora, México. Se tomaron 32 muestras de la cuales se analizaron aproximadamente 1000 litros de agua en cada punto de muestreo, Donde se encontraron ooquistes de *Cryptosporidium parvum* en 69 % de las muestras con una media de 4.75 ooquistes/ 1000 L. Los valores de parámetros fisicoquímicos fueron pH, 7.39; cloro libre residual, 0.96; turbidez, 1.14 NTU; temperatura, 29.9 °C y cloruros, 17.5 ppm. Se efectuó un análisis de correlación entre el número de ooquistes totales y viables y los parámetros fisicoquímicos; encontrándose que los ooquistes totales tuvieron una débil asociación con la temperatura.

Rodríguez H y Botello A 1987. Contaminación Enterobacteriana en la Red de Agua Potable y en algunos sistemas acuáticos del sureste de México Se estudió la calidad sanitaria del agua potable de las ciudades de Cosoleacaque, Minatitlán, Coatzacoalcos, Agua dulce, Las Choapas y Nanchital. Veracruz. Se empleó la técnica del número más probable (NMP), Los géneros bacterianos que se identificaron fueron

Escherichia coli, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* y *Citrobacter* spp., lo que indica que el agua supuestamente potable puede sufrir cambios en su calidad microbiológica debido a fugas o fallas en las operaciones de bombeo.

Cutimbo CA 2012. Calidad Bacteriológica de Las Aguas Subterráneas de Consumo Humano en Centros Poblados Menores de la Yarada y Los Palos del Distrito de Tacna. Se tomaron muestras de 46 pozos entre los meses de Abril y Junio del 2012, presentaron como resultado para el recuento de bacterias heterotróficas el 2%, para coliformes totales 54% y para bacterias termotolerantes 11%. De estos pozos 25 (54%) se encontraron bacteriológicamente no aptas para el consumo humano.

Zavalaga TE 2012. Calidad Microbiológica y Fisicoquímica del agua Embotellada, Comercializada en la Ciudad de Tacna. Este estudio se realizó en 11 marcas de agua sin gas expandidas en 4 distritos de la ciudad de Tacna, Los resultados indicaron que el 63,63% de las marcas analizadas no cumplieron con al menos uno de los parámetros establecidos en la norma NTS N° 071 – MINS/DIGESA-V.01. Por tanto, estas marcas se consideran no aptas para el consumo humano y no son buenos modelos desde el punto de vista sanitario en la industria envasadora.

Orlando E 2002. Microorganismos Indicadores De La Calidad Del Agua De Consumo Humano En Lima Metropolitana. Se analizaron 224 muestras de agua del Sistema de almacenamiento y distribución de agua en inmuebles. De éstas, 40 (17,86%) muestras de agua de inmuebles no cumplieron las normas microbiológicas. Además de los indicadores tradicionales se encontró *Pseudomonas aeruginosa* y *Streptococcus*

fecales, hallándose estos microorganismos en ausencia de coliformes. De acuerdo a la NTN, 17,86% de muestras de agua de inmuebles son inaptas. Se concluye que la contaminación microbiológica del agua en inmuebles, se debe principalmente a la falta de mantenimiento, limpieza y desinfección de los sistemas de distribución y almacenamiento de Agua.

7. BASES TEÓRICAS

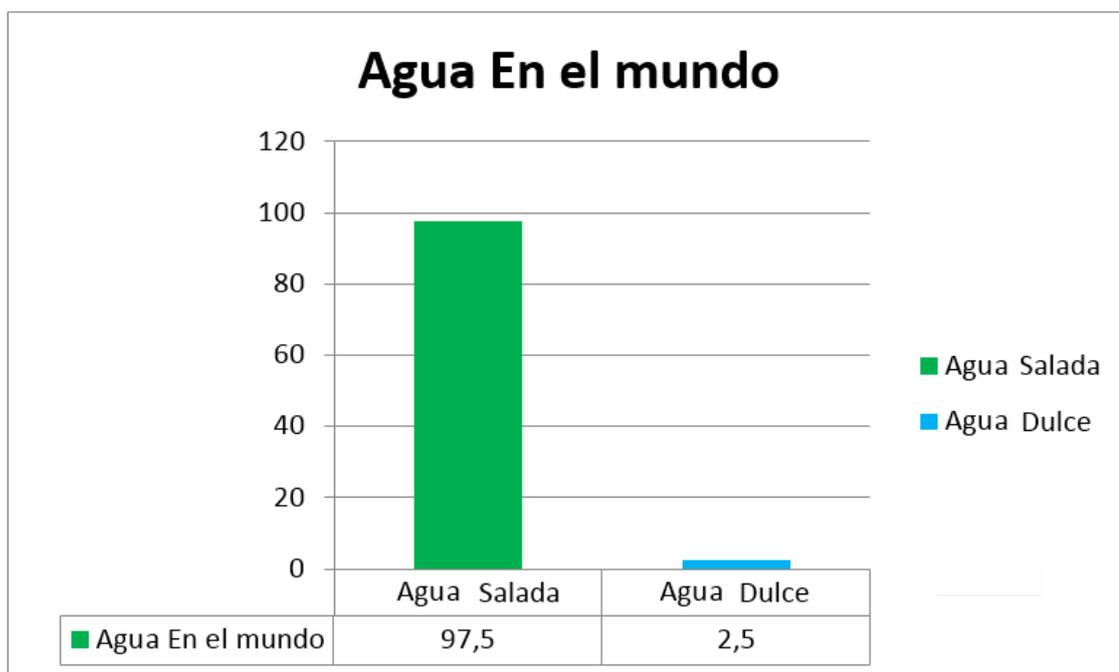
7.1 Agua

El 97.5 % del agua en el planeta es salada y mientras solo el 2.5% del agua es dulce. Del total del agua dulce en el planeta el 70% se encuentra congelada en los glaciares y nieves perpetuas y un poco menos del 30% es correspondiente al agua que se encuentra subterránea y en humedad del suelo, alrededor del 0.01% corresponden al agua superficial y del agua disponible para ecosistemas y población humana corresponde el 0.01% aproximadamente (Tebbutt, 1998).

El hielo se está derritiendo en todo el mundo, especialmente en los polos incluyendo los glaciares montañosos. Habrá menos agua dulce disponible, Si la capa de hielo del Quelccaya en Perú continua derritiéndose como hasta ahora, desaparecerá en 2100 dejando a miles de personas que cuentan con ella para conseguir agua potable y electricidad sin ninguna de las dos. Algunas enfermedades se extenderán, como la malaria llevada por los mosquitos. (IPCC, 2007)

Tabla N°1

PORCENTAJE DE AGUA EN EL MUNDO



La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones. (OMS 2014)

Los ríos y los lagos son importantes fuentes de abastecimiento de agua para consumo y para riego desde los comienzos de la civilización. Se puede privar de ciertos lujos, pero nadie puede prescindir del agua para vivir. Sin embargo, los ríos, los lagos y aún los mares, fueron los primeros receptáculos donde se vertieron los desechos humanos, tanto locales como industriales y todas las otras aguas servidas. (Ramos 2011)

7.1.1 Características Físicas.- Son aquellas que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos en laboratorio. Los parámetros físicos son color, turbiedad, olor, sabor y temperatura. Los tratamientos que se deben seguir, cuando alguna de las características físicas y organolépticas se encuentran fuera de lo que marca la normatividad vigente son: coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, adsorción en carbón activado u oxidación. (Ramos 2011)

7.1.2 Características Químicas.- Se ha demostrado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana. Los contaminantes más comunes en el agua natural son: arsénico, aluminio, cadmio, cianuros, cobre, cromo total, plomo, calcio, conductividad, sólidos, hierro, manganeso, cloruros, nitrógeno total, sulfatos, fluoruros, nitratos, nitritos, sodio y zinc.(Ramos 2011)

7.1.3 Características Microbiológicas.- Son aquellas que se refieren a la presencia de microorganismos nocivos para la salud humana. Para efectos de control sanitario, se determina específicamente organismos coliformes totales y/o coliformes fecales.

Los organismos patógenos incluyen la bacteria coliforme fecal, así como bacterias, virus y parásitos causantes de enfermedades infecciosas. (Mitchell et al, 1991).

7.2 Agua De Consumo Humano

7.2.1 Agua Potable.- El agua potable es definida como agua que es segura para beber. ciertos niveles de contaminantes son aceptados internacionalmente como componentes de la definición, pero mucha gente por todos lados del mundo consumen agua que no es potable, causando daños en la salud.

Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incoloro, inodoro, límpida y transparente (Artículo 982. CAA)

7.3 Agua de consumo humano en Latino América

América latina es una región que tiene mucha agua dulce pero a causa de su geografía, contaminación, desigualdad social, mala distribución y acceso, se ha convertido en un asunto muy torcido. (Barlow, 2004)

Otra circunstancia que contribuye al problema del agua en América Latina es la pobreza. A causa de numerosos factores, uno de los programas del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional en Latinoamérica.

La misma desigualdad puede ser encontrada con la distribución de agua. Más de 130 millones de personas no tienen agua segura en sus casas (Barlow, 2004).

Los problemas de escasez, urbanización y contaminación han sido agravados por las operaciones de corporaciones privadas que aprovechan la crisis de agua en América Latina. Estas compañías ya operan o tienen planes de operar en muchos países latinoamericanos incluyendo a Panamá, y a menudo con el apoyo del Banco Mundial entran agresivamente a estos países y cobran mucho por el acceso al agua donde ya existen privatizaciones (Barlow, 2004).

Uno de los problemas más graves en Latinoamérica son las enfermedades relacionadas con el agua. A pesar de los avances en los últimos años, como el mejoramiento de las plantas de tratamiento del agua, patógenos causantes de diarrea como *E. coli*, *Salmonella* spp, *Campylobacter jejuni*, *Entameba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* sp y Rotavirus, continúan afligiendo la región. Estas enfermedades varían mucho dependiendo del clima, región y estado socioeconómico. Con frecuencia, las comunidades indígenas son las más impactadas. La diarrea queda entre las enfermedades que causan más muertes en Latinoamérica y el número de muertos anualmente es mucho más grande entre comunidades indígenas, pese a que existen tratamientos económicos y eficaces contra la diarrea, esta enfermedad cobra más vidas infantiles que el SIDA, el paludismo y el sarampión combinados. (UNICEF y OMS, 2009).

7.3.1 Agua de Consumo Humano en Perú

Históricamente, en el Perú, se ha entendido por saneamiento básico, a la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento, habiéndose definido una división según la atención estuviera dirigida a poblaciones rurales o urbanas. Por un largo tiempo, los ámbitos urbano y rural

estuvieron bajo la responsabilidad de ministerios diferentes: las localidades urbanas fueron competencia del ministerio de fomento y obras públicas (MFOP), mientras que las áreas rurales correspondían al ministerio de salud (MINSA).

Sin embargo, desde la reforma de los años noventa, la prestación de los servicios en todo el territorio nacional está bajo la competencia del ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. (Oblitas 2010)

7.3.2 Agua de consumo Humano en Lima

Los tres ríos que abastecen de agua a Lima Metropolitana se ven afectados por las descargas generadas por minería, industrias, actividades agrícolas y desagües domésticos. Especialmente la cuenca del río Rímac presenta niveles severos de contaminación.

Hasta el año 1962, los servicios de agua potable y saneamiento en Lima fueron provistos por el Consejo Superior de Agua Potable de Lima, y luego la junta municipal de agua potable de Lima. En 1962, nace la Corporación de Saneamiento de Lima (COSAL), que en 1969 se convirtió en la Empresa de Saneamiento de Lima (ESAL).

En el año 1981, se da un paso hacia una mayor desconcentración con la creación de la empresa estatal Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado (SENAPA). SENAPA se constituyó como una sociedad de control integrada por 15 empresas filiales, una de las cuales era el

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) , y 14 unidades operativas de SENAPA en los departamentos de mayor tamaño (Lidia 2010)

A finales de esta etapa, el gobierno saliente, en el marco del proceso de descentralización, por medio del decreto Legislativo No 574, “Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda y Construcción”, del 11 de abril de 1990, dispuso la transferencia de las empresas filiales y las unidades operativas, con excepción de SEDAPAL, a los gobiernos locales de nivel provincial y distrital.

Esta transferencia se hizo en forma poco planificada y sin verificar si estos gobiernos estaban preparados para asumir esta responsabilidad. SENAPA quedó restringida a dar asistencia técnica a los gobiernos locales. (Lidia 2010)

Para implementar estas estrategias para el control de calidad del agua, se crea en el año 1992 la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) para cumplir con el rol regulador del Estado, y se desactiva SENAPA.

Durante el mes de enero de 2014, la concentración máxima de materia orgánica en el río Rímac fue de 3,43 mg/l, cifra superior en 98,3% respecto al mes de enero de 2013, que alcanzó 1,73 mg/l, gran parte de la materia orgánica que contamina el agua procede de los desechos de alimentos, de las aguas negras domésticas e industriales. La materia orgánica es descompuesta por bacterias,

protozoarios y diversos microorganismos.

Posterior al proceso de tratamiento de las aguas del río Rímac en las plantas de tratamiento de SEDAPAL, en enero de 2014, se observó en las plantas de tratamiento de SEDAPAL, que la concentración promedio de materia orgánica fue de 1,77 mg/l, cifra superior en 70,2% en relación con lo obtenido en enero de 2013, que alcanzo 1,04 mg/l.(INEI, 2014)

7.3.3 Aguas residuales en Lima

Según el plan maestro actualizado (2005) de SEDAPAL la situación de las aguas residuales en Lima merece un mejor y extendido tratamiento. Las aguas residuales son recolectadas a través del sistema de alcantarillado, principalmente a gravedad, cuya extensión no cubre la totalidad del área administrada. Existe un 15.6% de la población que no tiene servicio de alcantarillado o utiliza letrinas o tanques sépticos (depósitos que no están conectados a una vía de alcantarillado). Un bajo porcentaje (aproximadamente 9.2%) de las aguas residuales, son tratadas en la actualidad en Lima y Callao. El resto de las aguas residuales son descargadas directamente al Río Rímac o al Océano Pacífico. (Reinhard 2009)

7.4 Vigilancia del Agua de Consumo Humano

La vigilancia de la calidad del agua de consumo puede definirse como la «evaluación y examen, de forma continua y vigilante, desde el punto de vista de la salud pública, de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo» (OMS, 1985).

Según el Artículo 13° el Reglamento de la Calidad de Agua de Consumo Humano del 2010 de nuestro país dice.- La vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es una atribución de la Autoridad de Salud, que se define y rige como:

1. La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores en cumplimiento de los requisitos normados en este Reglamento.
2. Un sistema conducido por la Autoridad de Salud, el cual está conformado por consumidores, proveedores, instituciones de salud y de supervisión de ámbito local, regional y nacional.
3. El establecimiento de prioridades y de estrategias para la prevención o eliminación de los factores de riesgo en el abastecimiento del agua, que la Autoridad de Salud establezca para el cumplimiento por el proveedor.

7.4.1 Programa de vigilancia

La DIGESA y las Direcciones de Salud o las Direcciones Regionales de Salud o las Gerencias Regionales de Salud en todo el país, administran el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua, concordante a sus competencias y con arreglo al presente reglamento. Las acciones del programa de vigilancia se organizan de acuerdo a los siguientes criterios:

1. **Registro.-** Identificación de los proveedores y caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua.
2. **Ámbito.-** Definición de las zonas de la actividad básica del programa de vigilancia, distinguiendo el ámbito de residencia: urbano, peri urbano y rural, a fin de determinar la zona de trabajo en áreas geográficas homogéneas en cuanto a tipo de suministro, fuente y administración del sistema de abastecimiento del agua;
3. **Autorización sanitaria :** Permiso que otorga la autoridad de salud que verifica los procesos de potabilización el agua para consumo humano, garantizando la remoción de sustancias o elementos contaminantes para la protección de la salud;
4. **Monitoreo.-** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua;
5. **Calidad del agua.-** Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano establecidos en el presente Reglamento.
6. **Desarrollo de indicadores.-** Procesamiento y análisis de los resultados de los monitoreos de la calidad del agua, del sistema de abastecimiento y

del impacto en la morbilidad de las enfermedades de origen o vinculación al consumo del agua.

7.5 Calidad del Agua de Consumo Humano

El control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee. (Art 19° DIGESA 2011)

La calidad del agua queda recogida mediante el control de una serie de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y radiactivos definidos en la correspondiente normativa. La calidad del agua suministrada no solo depende del tratamiento de potabilización aplicado, sino que está en gran medida afectada por la calidad del agua en el origen o punto de captación, de forma que la contaminación inducida puede llegar a desechar la utilización de una fuente de agua para consumo humano u obligar a aplicar complejas técnicas de tratamiento (Cabelli et al. 1982).

La calidad de agua que se encuentra en la naturaleza es muy variable y depende fundamentalmente, de las condiciones geográficas, geológicas y climáticas, de la oportunidad que tenga para disolver gases, sustancias minerales y orgánicas o para mantenerlas en suspensión o en estado coloidal, también depende de su temperatura, volumen, flora microbiana y de la contaminación producida por las

actividades del ser humano. (Ramos 2011)

El presente Reglamento se enmarca dentro de la política nacional de salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842 - Ley General de Salud. La gestión de la calidad del agua para consumo humano garantiza su inocuidad (Art 6 DIGESA)

El control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee. (Art 19 DIGESA)

7.5.1 Criterios de calidad del Agua

7.5.1.1 Criterios Físicos de la calidad del Agua.- Los parámetros de calidad de agua se diferencian según sus orígenes biológicos, químicos y físicos; por causas principalmente de carácter antropocéntricos como el caso del uso de la tierra. Entre ellos se mencionan; la temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales. (Mejía 2005)

El agua fría tiene, por lo general, un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. (OMS 2006)

7.5.1.1.1 Oxígeno Disuelto (OD).- El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua. Está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos. (Mejía 2005)

7.5.1.1.2 Conductividad.- La conductividad eléctrica en las aguas naturales se puede correlacionar con la cantidad de sólidos disueltos ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. La presencia de altas concentraciones de estas sales afecta la vida acuática y en el caso del riego afecta a la vida de la planta y a la calidad de los suelos. (Mejía 2005)

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la medición de la temperatura. (APHA 1992)

7.5.1.1.3 Turbidez.- La turbidez es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación y sedimentación y en la filtración. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; idóneamente, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos. (OMS 2006)

También es un estimador simple de los sólidos en suspensión. Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa. Esto relacionado con el uso del suelo, tipo de suelos, cobertura del suelo, y periodos de muestreos, entre otros. (Mejía 2005)

La turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la re suspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 UNT suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias

locales. Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se someta al agua a un tratamiento de desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz. (OMS 2006)

7.5.1.1.4 Sólidos Totales Disueltos.- Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía. (Mejía 2005)

La palatabilidad del agua con una concentración de SDT menor que 600 mg/l suele considerarse buena, pero a concentraciones mayores que aproximadamente 1000 mg/l la palatabilidad del agua de consumo disminuye significativa y progresivamente. (OMS 2006)

Tabla N°2 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS MAXIMO PERMISIBLES

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2011, Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano

7.5.1.2 **Criterios químicos de la calidad del Agua.-** La mayoría de los productos químicos que pueden estar presentes en el agua de consumo sólo constituyen un peligro si se produce una exposición prolongada; sin embargo, algunos pueden producir efectos peligrosos tras múltiples exposiciones en un periodo corto. Si la concentración del producto químico en cuestión sufre grandes fluctuaciones, es posible que incluso una serie de resultados analíticos no permita determinar ni describir completamente el riesgo que supone para la salud pública. Para controlar estos peligros, es preciso conocer los factores causantes como el uso de fertilizantes en la agricultura y la evolución de las concentraciones detectadas, ya que pueden indicar un posible problema importante en el futuro. Un ejemplo es la aparición de floraciones de cianobacterias tóxicas en aguas superficiales. (OMS 2008)

Quando se detecte la presencia de uno o más parámetros químicos que supere el límite máximo permisible, en una muestra tomada en la salida de la planta de tratamiento, fuentes subterráneas, reservorios o en la red de distribución, el proveedor efectuará un nuevo muestreo y de corroborarse el resultado del primer muestreo investigará las causas para adoptar las medidas correctivas, e inmediatamente comunicará a la Autoridad de Salud de la jurisdicción, bajo responsabilidad, a fin de establecer medidas sanitarias para proteger la salud de los consumidores y otras que se requieran en coordinación con otras instituciones del sector.(Artículo 68 DIGESA 2011)

7.5.1.2.1 Sodio.- El umbral gustativo del sodio en el agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. A temperatura ambiente, el umbral gustativo promedio del sodio es de 200 mg/l aproximadamente. No se ha

calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. (OMS 2006)

7.5.1.2.2 Aluminio.- Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de consumo son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua. La presencia de aluminio en concentraciones $> 0,1-0,2$ mg/l suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del flóculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro. En buenas condiciones de funcionamiento, pueden alcanzarse concentraciones $> 0,1$ mg/l de aluminio. Los datos científicos disponibles no permiten calcular un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el aluminio en el agua de consumo. (OMS 2006)

7.5.1.2.3 Cloruro.- Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas. Hay diversos umbrales gustativos para el anión cloruro en función del catión asociado: los correspondientes al cloruro sódico, potásico y cálcico están en el intervalo de 200 a 300 mg/l. A concentraciones superiores a 250 mg/l es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro, pero algunos consumidores pueden acostumbrarse al sabor que produce en concentraciones bajas. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo. (OMS 2006)

7.5.1.2.4 Cloro.- La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo de concentraciones de cloro

bastante menores que 5 mg/l, y algunas incluso pueden detectar hasta 0,3 mg/l. Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 a 1,0 mg/l, aumenta la probabilidad de que algunos consumidores encuentren desagradable el sabor del agua. (OMS 2006)

7.5.1.2.5 Dureza.- La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada. El valor del umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l. El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios.. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza del agua de consumo. (OMS 2006)

7.5.1.2.6 Manganeso.- La presencia de manganeso a concentraciones mayores que 0,1 mg/l en sistemas de abastecimiento de agua produce un sabor no deseable en bebidas y mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. Al igual que sucede con el hierro, la presencia de manganeso en el agua de consumo

puede dar lugar a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Las concentraciones menores que 0,1 mg/l suelen ser aceptables para los consumidores. Incluso en una concentración de 0,2 mg/l, el manganeso formará con frecuencia una capa en las tuberías, que puede desprenderse en forma de precipitado negro. El umbral de aceptabilidad es de 0,1 mg/l. (OMS 2006)

7.5.1.2.7 Sulfato.- La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg/l, para el sulfato de sodio, a 1000 mg/l, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/l. (OMS 2006)

7.5.1.2.8 Zinc.- El cinc confiere al agua un sabor astringente indeseable y su umbral gustativo (como sulfato de cinc) es de aproximadamente 4 mg/l. El agua con concentraciones de cinc mayores que 3–5 mg/l puede tener un color opalino y producir una película oleosa al hervir. Aunque el agua de consumo rara vez contiene cinc en concentraciones mayores que 0,1 mg/l, los niveles en el agua de grifo pueden ser sustancialmente mayores debido al cinc utilizado en materiales de fontanería galvanizados antiguos. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cinc en el agua de consumo. (OMS 2006)

Tabla N° 3 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2011, Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano

Tabla N° 4 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS ORGÁNICOS EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrin	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2011, Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano

Tabla N° 5 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS ORGÁNICOS EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol	mgL ⁻¹	0,2

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2011, Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

7.5.1.3 Criterios Microbiológicos de la calidad del Agua

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis microbiológicos. En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos. (OMS 2006)

Las mejoras en el abastecimiento de agua y saneamiento por lo general conducen a una mejora en la salud y calidad de vida de la población (OMS, 1995).

Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales y/o coliformes termotolerantes, el proveedor investigará inmediatamente las causas para adoptar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre. Complementariamente se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detectó el problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas no se presenten bacterias coliformes totales ni termotolerantes. (Artículo 67 DIGESA 2011)

La verificación de la calidad microbiológica del agua de un sistema de abastecimiento debe diseñarse de modo que garantice la máxima probabilidad de detectar la contaminación. Por consiguiente, la toma de muestras debe tener

en cuenta las posibles variaciones de la calidad del agua en el sistema de distribución. Esto implicará generalmente tener en cuenta en qué lugares y momentos la contaminación es más probable (Guarín, 2010).

7.6 Microorganismos indicadores de Calidad del Agua

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos. *E. coli* es un indicador útil, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. En ciertos casos, puede ser deseable incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, por ejemplo cuando se sabe que el agua de origen que se usa está contaminada con virus y parásitos entéricos, o si hay una incidencia alta de enfermedades virales y parasitarias en la comunidad. (OMS 2006)

Las Bacterias Coliformes, son del agua para uso doméstico, industrial o de otro tipo. La experiencia ha demostrado que la densidad del grupo de los coliformes es un indicador del grado de contaminación y por tanto, de la calidad sanitaria (APHA – AWWA – WPCF, 2000)

Desde hace tiempo, se reconoce que los organismos del grupo coliforme son un buen indicador microbiano de la calidad del agua potable, debido principalmente a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua. La presencia de *E. coli* en muestras de agua potable, indica la existencia de fallas en la eficiencia de tratamiento de aguas, integridad, sistema de distribución y por tanto es una evidencia de contaminación de diferentes orígenes: suelo, superficies de agua dulce y tracto digestivo (OPS 1987)

7.6.1 Coliformes

El grupo coliformes se define como todas las bacterias gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la B-galactosidasa (Ministerio de salud 1998)

7.6.2 Coliformes Totales.- Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como *Serratia* y *Hafnia*. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. (OMS 2006)

Valor como indicador.- El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la

limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas. No obstante, hay mejores indicadores para estos fines. El análisis de los coliformes totales, como indicador de desinfección, es mucho más lento y menos fiable que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, los coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los protozoos y virus entéricos. (OMS 2006)

Fuentes y prevalencia.- Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas. (OMS 2006)

Aplicación en la práctica.- Los coliformes totales se miden generalmente en muestras de 100 ml de agua. Existen diversos procedimientos relativamente sencillos basados en la producción de ácido a partir de la lactosa o en la producción de la enzima β -galactosidasa. Los procedimientos incluyen la filtración del agua con una membrana que después se incuba en medios selectivos a 35–37 °C; transcurridas 24 h, se realiza un recuento de colonias. Otros métodos son los procedimientos de «número más probable» en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de microvaloración y pruebas de presencia/ausencia (P/A). Existen equipos de análisis para uso sobre el terreno. (OMS 2006)

Relevancia de su presencia en el agua de consumo.- Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una re proliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas. (OMS 2006)

7.6.3 Coliformes Termotolerantes

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia coli*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa. *E. coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de *E. coli*, puede haber microorganismos ambientales. (OMS 2006)

Valor como indicador.- Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal

aceptable, pero menos fiable que *E. coli*. *Escherichia coli* (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. (OMS 2006)

Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos. (OMS 2006)

Fuentes y prevalencia.- Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos. (OMS 2006)

Aplicación en la práctica.- La concentración de *Escherichia coli* (o bien de coliformes termotolerantes) se mide, por lo general, en muestras de 100 ml de agua. Para ello existen diversos procedimientos relativamente sencillos basados en la producción de ácido y gas a partir de la lactosa o en la producción de la enzima β -glucuronidasa. Otros posibles métodos son los procedimientos de «número más probable», en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de microvaloración y pruebas de P/A, algunas con volúmenes de agua mayores que 100 ml. Existen equipos de análisis para uso sobre el terreno. (OMS 2006)

Relevancia de su presencia en el agua de consumo.- La presencia de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la realización de muestreos adicionales y la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución. (OMS 2006)

7.6.3.1 ***Escherichia coli***.- Está presente en grandes concentraciones en la microflora intestinal normal de las personas y los animales donde, por lo general, es inocua. Sin embargo, en otras partes del cuerpo *E. coli* puede causar enfermedades graves, como infecciones de las vías urinarias, bacteriemia y meningitis. Un número reducido de cepas enteropatógenas pueden causar diarrea aguda. Se han determinado varios tipos de *E. coli* enteropatógenas, basándose en diferentes factores de virulencia: *E. coli* enterohemorrágica (ECEH), *E. coli* enterotoxígena (ECET), *E. coli* enteropatógena (ECEP), *E. coli* enteroinvasiva (ECEI), *E. coli* enteroagregativa (ECEA) y *E. coli* de adherencia difusa (ECAD). Se conocen peor la patogenicidad y la prevalencia de cepas de ECEA y ECAD. (OMS 2006)

Efectos sobre la salud humana.- La infectividad de las cepas de ECEH es sustancialmente mayor que la de otras cepas: tan solo 1000 bacterias pueden causar una infección. ECET produce enterotoxinas de *E. coli* termolábiles o termoestables, o ambas simultáneamente, y es una causa importante de diarrea en países en desarrollo, sobre todo en niños de corta edad. Los síntomas de la infección por ECET son diarrea acuosa ligera, cólicos, náuseas y cefalea. La

infección por ECEP se ha asociado con diarrea no hemorrágica crónica e intensa, vómitos y fiebre en los lactantes.

Fuentes y prevalencia.-Las *E. coli enteropatógenas* son microorganismos entéricos y las personas son el reservorio principal, sobre todo de las cepas de ECEP, ECET y ECEI. El ganado, como las vacas y ovejas y, en menor medida, las cabras, los cerdos y los pollos, son una fuente importante de cepas de ECEH, las cuales también se han asociado con hortalizas crudas, como los brotes de frijoles. Estos agentes patógenos se han detectado en diversos ambientes acuáticos. (OMS 2006)

Vías de exposición.- La infección se asocia con la transmisión de persona a persona, el contacto con animales, los alimentos y el consumo de agua contaminada. La transmisión de persona a persona es particularmente frecuente en comunidades donde hay personas en proximidad estrecha, como en residencias y guarderías.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo.- La transmisión de cepas patógenas de *E. coli* por medio de aguas recreativas y de agua de consumo contaminada está bien documentada. Recibió gran atención el brote de transmisión por el agua de la enfermedad causada por *E. coli* 0157:H7 (y *Campylobacter jejuni*) en la población agrícola de Walkerton, en Ontario, Canadá. El brote tuvo lugar en mayo de 2000 y ocasionó siete muertes y más de 2300 casos de enfermedad. El agua de consumo se contaminó por agua de escorrentía que contenía excrementos de ganado. En un PSA, pueden aplicarse

las siguientes medidas de control para hacer frente al riesgo potencial de *E. coli* enteropatógenas: protección de las fuentes de agua bruta de los residuos humanos y animales, tratamiento adecuado y protección del agua durante su distribución. No hay ningún indicio de que la respuesta de las cepas enteropatógenas de *E. coli* a los procedimientos de tratamiento y desinfección del agua sea diferente de la de otras cepas de *E. coli*. Por lo tanto, los análisis convencionales de *E. coli* (o bien de bacterias coliformes termotolerantes) son un índice adecuado de la presencia de serotipos enteropatógenos en el agua de consumo. Esto es cierto, a pesar de que los análisis normales generalmente no detectan las cepas de ECEH. (OMS 2006)

7.6.3.2 *Klebsiella*.- Los microorganismos del género *Klebsiella* son bacilos gramnegativos inmóviles que pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. El género *Klebsiella* está formado por varias especies, entre las que se encuentran *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. planticola* y *K. terrigena*. La capa más externa de *Klebsiella spp.* está formada por una gran cápsula de polisacáridos que diferencia a estos microorganismos de otros géneros de esta familia. Aproximadamente del 60 al 80% de los microorganismos del género *Klebsiella* aislados de muestras de heces y clínicas son *K. pneumoniae* y dan positivo en la prueba de coliformes termotolerantes. *Klebsiella oxytoca* también se ha identificado como microorganismo patógeno. (OMS 2006)

Efectos sobre la salud humana.- Se han detectado *Klebsiella spp.* en pacientes de hospitales, estando la transmisión asociada con la manipulación frecuente de los pacientes (por ejemplo, en las unidades de cuidados intensivos). Quienes se

exponen a un riesgo mayor son las personas con sistemas inmunitarios poco activos, como las personas ancianas o muy jóvenes, los pacientes con quemaduras o heridas extensas, los que están siendo sometido a tratamientos inmunodepresores o los infectados por el VIH. La colonización puede dar lugar a infecciones invasivas. (OMS 2006)

Fuentes y prevalencia.- *Klebsiella spp.* Está presente de forma natural en muchos ambientes acuáticos y pueden multiplicarse y alcanzar concentraciones elevadas en aguas ricas en nutrientes, como residuos de fábricas de papel, plantas de acabado textiles y operaciones de procesado de caña de azúcar. Estos microorganismos pueden proliferar en sistemas de distribución de agua, y se sabe que colonizan las arandelas de los grifos. También son excretados en las heces de muchas personas y animales sanos, y se detectan con facilidad en aguas contaminadas por aguas residuales. (OMS 2006)

Tabla N°6 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS MÁXIMO PERMISIBLES

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2011, Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano

7.7 Métodos para el control Microbiológico del Agua

7.7.1 filtración por membrana (MF).- La técnica de filtración por membrana (MF) 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)

Sin embargo, esta técnica tiene limitaciones, sobre todo para estudiar aguas con elevada turbidez o que contengan bacterias no Coliformes. (APHA 1992)

Este método es una manera rápida y simple de estimar las poblaciones bacterianas en el agua. El método MF es especialmente útil al evaluar grandes volúmenes o al realizar diariamente muchas pruebas de Coliformes. (HACH, 2000)

Fundamento del método MF.- El método MF 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. (MILLIPORE, 2005) Actualmente se utilizan membranas Sartorius tipo AC con un diámetro de poro 0.45 μm . Dichas membranas cumplen con las especificaciones referenciadas en el los Métodos Estándar y la USEPA. (SARTORIUS, 2003).

Bastara incubar la membrana sobre un medio de cultivo adecuado, a la temperatura y durante el tiempo necesario, para posteriormente contar directamente las colonias sobre la superficie de la membrana. (Merck, 2005)

7.7.2 *Medio Chromocult para Coliformes*

Es un agar selectivo para el crecimiento de coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de aguas y alimentos. Por la acción conjunta de peptonas selectivas, piruvato y tampón de fosfatos se garantizan un rápido crecimiento también de coliformes con daños causados por el tratamiento del agua. El contenido de Lauril sulfato inhibe el crecimiento de bacterias Gram Positivas sin tener influencias negativas sobre el crecimiento de los coliformes. La formación de dos sustratos totales y *E. coli* se hace posible por la nueva formación de dos sustratos cromógenos: el sustrato Salmon – Gal es separado por la B-D-galactosidasa enzima que hidroliza la lactosa, característica de coliformes y provoca una coloración roja de las colonias de coliformes. (MERCK. 2005)

La formación de la B-D-Glucoronidasa característica para *E. coli* tiene lugar mediante el sustrato X-glucoronido, que al ser cortado por la encima produce una coloración azul para las colonias positivas. Ya que *E. coli* separa tanto Salmon-Gal como X-Glucoronido, las colonias se tiñen de violeta – Azul oscuro y debido a ellos se pueden diferenciar de los coliformes restantes que se presentan de color rojo (MERCK. 1988)

El contenido de triptófano mejora la reacción de indol para la confirmación adicional de *E. coli* que se da con el reactivo de Kovac's y aumenta con ello la confirmación de la reacción Salmon –Gal y la reacción X- Glucoronido (MERCK, 2005)

7.7.3 Prueba de Presencia/ Ausencia Para Coliformes (A/P) .- La prueba de presencia ausencia de Coliformes es una sencilla modificación del procedimiento de tubos múltiples. La simplificación que se deriva de utilizar una sola porción grande “100 ml” en una sola botella de cultivo para obtener una información cualitativa sobre la presencia o ausencia de Coliformes, se justifica por la teoría de la falta de estos microorganismos en una muestra de 100 ml de agua potable. La prueba de A/P proporciona además una oportunidad opcional para hacer una detección sistemática posterior del cultivo y aislar otros indicadores (*Coliformes fecales*, *Aeromonas*, *Staphylococos*, *Pseudomonas*, *Streptococos fecales* y *Clostridium*) también de manera cualitativa. Otras ventajas son la posibilidad de estudiar un mayor número de muestras por unidad de tiempo y hacer estudios comparativos con el procedimiento del filtro de membrana que indica que la prueba de A/P puede aumentar al máximo la detección de Coliformes en muestras que contienen microorganismos que podrían sobrepasar en su crecimiento al de las colonias de Coliformes provocando problemas para su detección. (APHA, 1992)

La prueba de A/P se recomienda para el estudio habitual de las muestras obtenidas en los sistemas de distribución o en las plantas de tratamiento de aguas. En principio se estudian alrededor de 100 muestras por los métodos del filtro de membrana o de los tubos múltiples, además de la prueba de A/P.

Una vez establecido que los métodos cuantitativos suelen dar resultados negativos para Coliformes, se pueden utilizar únicamente la prueba de A/P. Cuando una muestra produce un resultado positivo en una prueba se estudiarán

las posteriores muestras repetidas mediante un método cuantitativo hasta que se vuelvan a obtener resultados negativos en dos muestras consecutivas. (APHA, 1992) Las muestras tomadas en locaciones poco habituales, como los pozos privados, se analizarán con métodos de tubos múltiples o de filtro de membrana. (APHA, 1992)

Fundamento.- La detección simultánea de Coliformes y *E.coli* es posible por el sustrato cromogénico (X-GAL) y el sustrato fluorogénico (MUG), mientras que el laurilsulfato inhibe de forma sustancial la flora acompañante, especialmente la grampositiva. Como resultado una coloración azul-verdosa del caldo indica la presencia de coliformes totales, y la de *E.coli* por una fluorescencia azul bajo luz UV (365 nm).

8. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptiva ya que se proporcionan datos sobre el porcentaje de microorganismos encontrados en lo que también se ven los factores posibles que harían posible el desarrollo de microorganismos que podrían ser un problema para la salud pública.

9. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño es tipo Transversal Descriptivo por que las el procedimiento de las muestras serán evaluadas en un tiempo corto y los resultados son parcialmente directos

10. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 7

Población	Muestra
Aguas de Consumo Humano en San Juan de Lurigancho 257 800 Hogares	112 muestras de Agua Potable

Lugar y periodos de la Toma de muestra.- Se realizó en el distrito de San Juan de Lurigancho durante 03 al 19 de Abril del 2014.

Criterios de inclusión:

Inmuebles que tengan servicio de agua potable en san juan del Lurigancho

Criterios de exclusión:

Inmuebles que cuenten con otro tipo de fuente de agua como pozos y captación de aguas de lluvia y camiones cisterna.

11. VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

Tabla 8

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
Coliformes	Coliformes totales	1. <i>Klebsiella</i> 2. <i>Enterobacter</i> 3. <i>Citrobacter</i>
	Escherichia	<i>Escherichia coli</i>
Agua	Agua de Consumo Humano	Agua Potable

12. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas

Una de las técnicas usadas fue la Ficha de Recolección de Datos, También se estableció un número y código para cada muestra recolectada.

Instrumentos

Para la recolección de la muestra se usó un frasco de plástico estéril de medida 120 mililitros el cual también contenía Tiosulfato de Sodio para la inhibición del cloro residual libre.

13. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Test de presencia o ausencia para la detección simultanea de coliformes totales y *E. coli*. (Readycult® Coliformes 100). En el análisis de Aguas de acuerdo a norma para coliformes USEPA (Sec141.21) Aprobado por EPA (Agencia de protección al medio Ambiente) Registro federal de los Estados Unidos 40 CFR 141.21. y la confirmación de *Escherichia coli* por reactivo Kovacks.

Fundamento:

Los Niveles elevados de peptonas y el tampón fosfato incorporado favorecen un rápido crecimiento de coliformes mientras que el laurilsulfato inhibe de forma sustancial la flora acompañante, especialmente gram positiva. La detección simultanea de Coliformes y *E coli* es posible por el sustrato Cromogenico X-GAL y el sustrato fluorogenico MUG. Una coloración azul-verdosa del caldo indica la presencia de Coliformes Totales, y la *Escherichia coli* por una fluorescencia bajo luz UV (365 nm).

Procedimiento:

Nota.-en caso en test no pueda realizarse in “situ” el test debe realizarse 6 horas antes después de tomada la muestra si se guarda a temperatura Ambiente y antes de

24 horas si se guarda en una nevera 2-8°C.

1. - Tomar Una Capsula, Golpear suavemente para que todos los gránulos están en el fondo y doblar la parte superior hasta que se rompa y se habrá.

¡Atención: Evitar el riesgo de contaminación, no tocar la apertura!

2. – Añadir el contenido a 100 ml de la muestra de agua en un recipiente no fluorescente con capacidad mínima de 120 ml.
3. .- Cerrar el recipiente y homogenizar hasta la completa disolución de los gránulos.
4. Incubación: 24hrs de 35 a 37 °C .Si se incuba a temperatura ambiente (+20 a +25°C), el tiempo de incubación se prolonga a 48 horas.

Interpretación de Resultados:

Negativo:

Sin Cambio de color, el caldo permanece ligeramente amarillo: ausencia de Coliformes totales y *E. coli*.

Coliformes totales:

Cualquier cambio de color del caldo azul-verdoso, aunque sea solo su parte superior, confirma la presencia de coliformes (reacción X-GAL)

***E. coli*:**

Comprobar si hay fluorescencia en el caldo frente a los tubos o frascos con una lámpara UV (365nm). Una fluorescente luz indica la presencia de *E. coli* (Reacción MUG).

¡Atención proteger los ojos de la luz UV directa;

Para confirmar la presencia de *E. coli* añadir 2,5 ml de reactivo Kovacs (Reacción indol) Un anillo de color rojo confirma la presencia de *E. coli*.

14. RESULTADOS

Se analizaron 112 muestras de agua potable de diferentes viviendas del distrito de San Juan de Lurigancho, donde se encontró una frecuencia de (14,3%) de coliformes totales, de los cuales el (56,3%) correspondieron a cepas de *Escherichia coli* (Tabla 9).

En relación al lugar en que se tomaron las muestras positivas a coliformes totales, el 75,0% se muestrearon en la cocina de las viviendas, el 18,8% en la lavandería y el 6,3% en el baño (Tabla 10). El 37,5% de las muestras positivas fueron obtenidas de viviendas donde se presentaban casos de diarrea (Tabla 11). En cuanto al riesgo de contaminación de agua, el 12,5% de muestras positivas a coliformes totales, correspondían a viviendas que no estaban en óptimas condiciones de salubridad (Tabla 12).

Las variable asociada a la presencia de coliformes totales en las muestras de agua potable fue el riesgo de contaminación (12,5% de muestras de agua potable positivas a coliformes totales vs 2,1% de muestras negativos, $p=0,038$) (Tabla 12). No se encontró asociación estadísticamente significativa con las variables lugar de muestreo, casos de diarrea.

Tablas de frecuencias:

Tabla 9. Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según aislamiento de *E. coli*.

Variable	Coliformes Totales				Total		
	Positivo		Negativo		N	%	
	N	%	n	%			
<i>E. coli</i>	Positivo	9	56,3	0	0,0	9	8,0
	Negativo	7	43,8	96	100,0	103	92,0
Total		16	100,0	96	100,0	112	100,0

Tabla 10. Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según lugar de muestreo.

Variable		Coliformes Totales				Total	
		Positivo		Negativo			
		N	%	n	%	N	%
Lugar de muestreo	Baño	1	6,3	9	9,4	10	8,9
	Cocina	12	75,0	55	57,3	67	59,8
	Lavandería	3	18,8	9	9,4	12	10,7
	Patio	0	0,0	22	22,9	22	19,6
	Sala	0	0,0	1	1,0	1	0,9
Total		16	100,0	96	100,0	112	100,0

Tabla 11. Frecuencia de coliformes Totales en agua potable asociado a los casos de diarrea.

Variable		Coliformes Totales				Total	
		Positivo		Negativo			
		N	%	n	%	N	%
Casos de diarrea	Si	6	37,5	22	22,9	28	25,0
	No	10	62,5	74	77,1	84	75,0
Total		16	100,0	96	100,0	112	100,0

Tabla 12. Frecuencia de coliformes Totales en agua potable según riesgo de contaminación.

Variable		Coliformes Totales				Total	
		Positivo		Negativo			
		N	%	n	%	N	%
Riesgo de contaminación	Si	2	12,5	2	2,1	4	3,6
	No	14	87,5	94	97,9	108	96,4
Total		16	100,0	96	100,0	112	100,0

15. DISCUSIÓN

La Investigación realizada tenía como objetivos demostrar la Presencia de coliformes (coliformes totales y *Escherichia coli*) y también poner en manifiesto si esta presencia está relacionada con la presencia de casos de diarrea presentados en la vivienda, el riesgo de contaminación y el lugar de la toma de muestra.

El trabajo de investigación se realizó usando La prueba de coliformes para determinación presencia o ausencia de Coliformes y *Escherichia coli* validado por la USEPA (Agencia de protección al medio ambiente de Estados Unidos). La prueba realizada para coliformes es muy específica para Coliformes y *Escherichia coli* por que usa enzimas específicas para estas bacterias, B-D-galactopiranosido para coliformes totales y B-glucoronido para *Escherichia coli* respectivamente.

Los resultados para el riesgo de contaminación, los casos de diarrea presentados en la vivienda y el lugar de la toma de muestra fueron recolectadas por una encuesta, los cuales fueron optados para ser asociados con la presencia de coliformes.

El cálculo Muestral está realizado con una formula estadística conociendo el total de la población de viviendas registradas por la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) del INEI. Por lo Cual los resultados de la investigación solo aplican el distrito seleccionado por que la población es distinta respecto a los demás distritos.

La calidad Microbiológica del agua a nivel de la red pública es aparentemente óptima, por lo cual la contaminación se da a nivel de tuberías e instalaciones domiciliarias asi

como el mal uso de las fuentes de agua concordando con las investigaciones de Torres 1991 y Edgar 2002.

La Frecuencia de Coliformes de 112 Muestras es del 14.3% en este estudio mostrando una diferencia significativa respecto a un estudio realizado en siete Municipios de Colombia en el 2011 por Franco PA, et al. Donde las se tomó 554 muestras las cuales mostraron el 98.7% presentaba coliformes totales, coliformes fecales demostrando que gran cantidad de la población de los municipios recibía agua con una calidad deficiente. Esta diferencia puede deberse a que la mayor cantidad de Municipios tenían un sistema de tratamiento deficiente para el control de calidad del agua, conociendo que la ruptura de tuberías era constante y prolongada así como también la falta de prácticas de higiene de los habitantes.

Los resultados de la Frecuencia de Coliformes fueron del 14.3% en este estudio muestra diferencia comparando con los estudios de Félix-Fuentes et al 2005, evaluaron la calidad microbiológica (Coliformes totales, Coliformes fecales, *Salmonella spp.* y *Vibrio spp.*) del agua de consumo provenientes de pozos subterráneos y viviendas en tres poblaciones de México, donde se encontró que dos poblaciones presentaron contaminación de Coliformes totales y fecales entre el 90 % y 100 % de las muestras analizadas. La otra población de estudio presentó índices bajos de contaminación por estos microorganismos, debido a que realizan proceso de desinfección con cloro, mejorando la calidad de la misma.

Los resultados de este estudio no concuerdan en comparación con un estudio publicado por Karliani y Somoza en el 2010, donde estudian la calidad del agua potable en

camiones cisterna en la ciudad de Guayana, estado Bolívar reportan que el 100% Muestras recolectadas el son negativas para Coliformes totales y coliformes fecales. Esto se debe a un protocolo que está regida por una ley Orgánica que indica directrices para la higienización para camiones cisterna siendo esta aparentemente óptima.

Los resultados obtenidos demuestran que la frecuencia de contaminación microbiana es de un 14,3% positivo para Coliformes en el distrito de San Juan de Lurigancho datos que concuerdan con un estudio realizado en el 2002 por Edgar en diversos distritos de Lima metropolitana, demostrando que de acuerdo a la NTN que el 17,86% de la muestras de agua en inmuebles eran inaptas para el consumo Humano, hallándose similares los resultados de este estudio. La estrecha diferencia puede hallarse en el método de detección de los coliformes puesto que el estudio anterior se realizó por el método filtro de membrana que es ligeramente más específico, así como también este estudio no se realizó con la misma población.

Los resultados de la calidad bacteriológica del agua de consumo humano presentan un índice de contaminación microbiana de un 14,6% la cual no es apta para el consumo humano según los criterios de la OMS, así como también afirmando que la variable del riesgo de contaminación es positiva para coliformes en un 12,5%.

La frecuencia de coliformes en un 14,3% para Coliformes y 56,3% para E. coli tiene una similitud peculiarmente parecida con la investigación de Zavalaga del 2012, en su estudio de la calidad Microbiológica y fisicoquímica del agua embotellada en Tacna donde estudio 11 marcas de agua, de los cuales 6 mostraron presencia de coliformes totales y 3 positivas marcas para coliformes fecales.

16. CONCLUSIONES

Existe una Frecuencia de contaminación Microbiológica del agua de consumo humano, el (14.3%) de las muestras de agua potable de la población demostró contaminación de coliformes.

Existe una asociación estadística significativa entre la presencia de *E. coli* y los coliformes totales dado que el valor de $P < 0,001$ validando la asociación estadística.

Existe una asociación estadística significativa entre la presencia el riesgo de Contaminación y los coliformes totales dado que el valor de $P < 0,038$ validando así la asociación estadística

La Frecuencia Microbiológica de Coliformes no se halla asociada con la presencia de casos de diarrea presentados en la vivienda.

La Frecuencia de Coliformes positivos en la muestra de agua de consumo humano No está asociada con el lugar de la toma de muestra.

La frecuencia hallada de Coliformes Se Vincula a factores como el mal uso de las fuentes de agua, capas de biofilm, Instalación de nuevas conexiones de agua y otros factores asociados con la vivienda donde se distribuye el agua de consumo humano.

17. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las Empresas prestadoras de servicio y autoridades competentes realizar un monitoreo de los sistemas de distribución del agua así como un control al post tratamiento.
- Realizar Próximos estudios de calidad del agua tomando en cuenta bacterias o microorganismos resistentes a los tratamientos del agua como *Campylobacter*, *Pseudomonas*, *Yersinia* y *Shigella*.
- Se recomienda usar más variables relacionadas con la contaminación del agua para estudios futuros.
- Se recomienda que las empresas prestadoras de servicio (EPS) encargadas de la distribución y saneamiento del agua deben Realizar estudios Microbiológicos de la población.
- Se recomienda usar filtros caseros en las viviendas para minimizar el riesgo de contaminación del agua.

18. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro GS y Rojas SM. Validación de los métodos de Filtro de Membrana y Sustrato Definido Readyult, para la detección de Coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas crudas, tratadas y potables en el Acueducto de Zipaquirá. Facultad de Biología Industrial: Bogotá,D.C; 2006
2. Arcos PM, Ávila NS, Estupiñán TS, Gómez PA. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Facultad de ciencias de la salud: dinamarca; 2005
3. Baños CL. Distribución y concentración de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y Enterococos en el agua y sedimento en el estero salado (tramos b, d, e y g). Facultad de ciencias naturales Maestría en ciencias manejo sustentable de recursos bioacuáticos y medio ambiente. Guayaquil – Ecuador: Universidad De Guayaquil; 2012
4. Bartram, J.; Lewis, K.; Lenton, R. And Wright, A. The Millennium Project: Focusing on improved water and sanitation for health. *The Lancet* 365:810-12. 2005
5. Barlow, Maude, and Tony Clarke. "The Struggle for Latin America's Water." Global Policy Forum-North American Congress on Latin America July 2004.

6. Cabelli, Dufour, Mc Cabe, Levin. Swimming Associated Gastroenteritis and Water Quality. American Journal of Epidemiology. Vol 115 (4): 606-616.1982
7. Campos C. Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de aguas residuales para riego agrícola. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Barcelona - España Universidad de Barcelona. 250 pp (1999).
8. Cabelli, Dufour, Mc Cabe, Levin. Un criterio de calidad de las aguas de recreo marino en consonancia con los conceptos de los indicadores y el análisis de riesgos. Diario WPCF. 55 (10): 1306-1314. 1983
9. Cabrera MA y Garcia OE. Identificación de Microorganismos indicadores y determinación de puntos de contaminación en aguas superficiales provenientes del cementerio jardines del recuerdo ubicado en el norte de bogotá. Facultad de Ciencias. carrera de Microbiología Industrial: Bogota: Universidad Pontificia Universidad Javeriana; 2006.
10. Canter L- “Manual de evaluación de impacto Ambiental” Técnicas para elaboración de Estudio de impacto. Universidad de Oklahoma. Mc Graw Hill. Inc. US 835 p; 200
11. Carrillo ZE y Lozano CA. validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar Chromocult. Facultad de Ciencias Biologicas: Bogota; Universidad Pontificia Universidad Javeriana; 2008

12. Chan M. OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. Estadísticas Sanitarias Mundiales 2007. Ginebra: 1995
13. Cutimbo TC. “Calidad Bacteriológica de las Aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y los Palos del distrito De Tacna” Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología: TACNA; Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2012
14. Coronel C, Gordillo A y Hernández A. Evaluación de la Calidad de Aguas Considerando los Géneros Escherichia, Pseudomonas, Clostridium y Enterococcus. Área Académica de Química, Laboratorio de Ciencias Ambientales: Madrid; Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; 2004.
15. Código Alimentario Argentino (CAA) Artículos 982 al 1079 Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas – Actualizado al octubre del 2012 [Fecha de acceso 15 de enero del 2014] URL Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp
16. Diaz CM, Leyva ME, Mata HV y Gonzales RH. Incidencia y Viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en el Agua Potable de Ciudad de Obregon, Sonora, Mexico. Centro de Investigacion en Alimentacion y Desarrollo A.C.2003
17. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2011, Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. [Fecha de acceso 20 de Enero del

- 2014] URL Disponible
en:http://www.digesa.sld.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
18. Francia, el Ministerio de Salud. 2007. El agua potable en Francia, 2002-2004. Eau et sante, la técnica de la Guía. París: Ministère de la Santé et des Solidarités.
19. Flores, J.; Suarez, G.; Franco, M.; Heredia, M. y Vivas, M. 1995. Calidad Bacteriológica del Agua potable de la Ciudad de Mérida, México. Salud Pública de México. Vol 37 (3) pp.236-239.
20. Galarraga SE. Algunos Aspectos relacionados con microorganismos en agua potable. Revista Politécnica de información técnica científica 9(3) p. 135-43. 1984
21. Guarín SN. Estadística Aplicada a Poblaciones. Editorial San José. México. 2010
22. Guarín SN. Estadística Aplicada a Poblaciones. Editorial San José. México. 2010
23. Guinea J., Sancho J. y Parés R., Análisis microbiológico de aguas, aspectos aplicados, Ediciones Omega, Barcelona, 122 pp. 1979,
24. Informe de Síntesis para responsables políticos. Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad (IPCC). 2007

25. Jimenes CB y Galizia TJ. Diagnóstico del agua en las américas. IANAS.2012
26. Hach, 2000. Manual de Análisis de Agua. Edición segunda. HACH Company. Loveland, Colorado; EE.UU. 217 páginas.
27. Lomelí R. M. G., 1999, La naturaleza del agua URL disponible en: <http://www.sagangea.org/hojared/portada1.htm> consultado el 20 de enero del 2014.
28. Marchand PE.”Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en lima metropolitana” facultad de ciencias biológicas Escuela Académico Profesional de Ciencias Biológicas: LIMA; Universidad Nacional Mayor De San Marcos; 2002
29. Mejía CM. “Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la micro cuenca el limón, san jerónimo, honduras” Escuela de Postgrado: Turrialba - Costa Rica; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; 2005
1. MERCK-MILLIPORE, 2005. Análisis Microbiológico. 2005 edición. Madrid, España. 48 páginas.
30. Oblitas RL. Beneficios potenciales y determinantes del éxito. Servicios de agua

potable y saneamiento en el Perú. Copyright © Naciones Unidas .CEPAL:
Naciones Unidas: Santiago de Chile; 2010

31. Olivas EE, Flores MJ, Serrano AM, Soto ME, Olivas JI, Salazar SE, et al. Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al río bravo. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; 2011.

32. ONU. 3er informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo el agua en un mundo en constante cambio. 2007 [Fecha de acceso 8 de Enero del 2014] URL Disponible en:
http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/index_es.shtml

33. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2008 Guía para la Calidad de Agua Potable. [Fecha de acceso 8 de Enero del 2014] URL Disponible en:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

34. Organización Mundial de la Salud (OMS) 1995, Guía para la Calidad de Agua Potable. [Fecha de acceso 2 de Enero del 2014] URL Disponible en:
<http://apps.who.int/iris/handle/10665/37736>

35. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2006, Guía para la Calidad de Agua Potable. Vol 1, Recomendaciones de Ginebra [Fecha de acceso 21 de Enero del 2014] URL Disponible en:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf.

36. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Guías para la calidad del agua potable. Vol. 3. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. Publicación Científica 508. Washington D. C., OPS. 1988 [Fecha de acceso 26 de Enero del 2014] URL Disponible en: www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3sp.pdf
37. Páez DC. “Determinación de coliformes fecales y totales en expendio de alimentos en establecimientos formales en el macro distrito centro de la ciudad de la paz de septiembre a diciembre de 2007”. Facultad de ciencias farmaceuticas y bioquimicas: la paz – bolivia; universidad mayor de san andres; 2009.
38. Patrick R. Murray. Ken S. Rosenthal. Michael A. Pfäuer. Microbiología Médica. 5a edición. Madrid, España: Copyright © MMV Elsevier Inc., an Elsevier; 2007
39. Prüss-Üstün, A., R. Bos, F. Gore, y J. Bartram. Una mejor salud: costos, beneficios y sostenibilidad de las intervenciones para proteger y promover la salud. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2008
40. Ramos PC. “Presencia de Coliformes Totales y Fecales en el Agua Del Río Matlacobat, Xico, Veracruz, México”. Facultad De Biología: MEXICO: Universidad Veracruzana; 2011.
41. Rodríguez SH, Botello VA. Contaminación Entero bacteriana en la Red de Agua

- Potable en Algunos sistemas Acuáticos del sureste de México. Laboratorio de Contaminación Marina. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 1987
42. Sartorius, 2003. Microbiological Testing of Foods, Beverages and Pharmaceuticals. Sartorius. Publication No.:SM-4017-e97116. Goettingen, Germany. 19 páginas.
43. Scott, CA, NI Faruqi y L. Raschid-Sally, El uso de aguas residuales en la agricultura de regadío: Hacer frente a las realidades de los medios de vida y el medio ambiente. Wallingford, Reino Unido: Cabi Publishing. 2004
44. Torres A. Utilización de *pseudomona aeruginosa* como indicador de contaminación en e agua de tanques y cisternas. Boletín de lima Numero 78. PP. 27-28, 1991.
45. UNICEF / OMS, Diarrea: Por qué los niños siguen muriendo y qué se puede hacer de 2009.
46. Vargas GC, Rojas R y Joseli J. Control y Vigilancia de la Calidad del Agua de Consumo humano. Textos Completos. CEPIS. 27p. 1996
47. Valiente C, Mora D. “Estudio Bacteriológico del agua asociado a brotes de diarrea en costa rica”, 1999 – 2005. Revista de ingeniería y ciencias ambientales AIDIS, vol 1, N°3, año 2007

48. von johnn NS. “Calidad bacteriana del agua del río llolelhue de la x región de chile”. Facultad de ciencias: valdivia - chile: universidad austral de chile; 2006
49. Watkins K. Reporte del programa de las naciones unidas para el desarrollo. New York. Bruce Ross-Larson, Meta de Coquereaumont and Christopher Trott; 2006
[Fecha de acceso 8 de Enero del 2014] URL Disponible en:
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf
50. Zavalaga TE. Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua embotellada, comercializada en la ciudad de Tacna. Facultad de Ciencias, Escuela de Biología: Tacna; Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2012

Anexo 01 Matriz de Consistencia

Título: “FRECUENCIA DE COLIFORMES EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO EN UN DISTRITO DE LIMA METROPOLITANA”

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>GENERAL P_G ¿Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana?</p> <p>ESPECÍFICOS P₁ ¿Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, según la presencia de <i>Escherichia coli</i>?</p> <p>P₂ ¿Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, según los casos de diarrea?</p> <p>P₃ ¿Cuál es la frecuencia de Coliformes en Agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana?</p>	<p>GENERAL O_G Determinar la frecuencia de Coliformes en agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana.</p> <p>ESPECÍFICOS O₁ Determinar la frecuencia de Coliformes en agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, según la presencia de <i>Escherichia coli</i>.</p> <p>O₂ Determinar la frecuencia de Coliformes en agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana, según los casos de diarrea.</p> <p>O₃ Determinar la frecuencia de Coliformes en agua de consumo humano en un distrito de Lima Metropolitana,</p>	Variable Coliformes	Coliformes totales	4. Escherichia 5. Klebsiella 6. Enterobacter 7. Citrobacter
		<i>Escherichia Coli</i>	1. Escherichia	
		Agua	Agua de Consumo Humano	Agua Potable

Anexo 02

Fórmula para el cálculo Maestral

RESULTADOS DEL CÁLCULO MUESTRAL

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Dónde:

N = Total de la población

Za2 = 1.96 (si la seguridad es del 95%)

p = Proporción esperada (en este caso 3% = 0.03)

q = 1 – p (en este caso 1-0.03 = 0.97)

d = Precisión (en este caso deseamos un 3%)

$$N = \frac{257.800 * 1.96^2 * 0.03 * 0.97}{0.03^2 * (257.800 - 1) + 1.96^2 * 0.03 * 0.97} = \frac{28820}{2594} = 112$$

N = 257.800 hogares en SJL.

Za2 = 1.96 (si la seguridad es del 95%)

p = Proporción esperada (en este caso 3% = 0.03)

q = 1 – p (en este caso 1-0.03 = 0.97)

d = Precisión (en este caso deseamos un 3%)

Anexo 03

Composición del método de sustrato Cromogenico definido y preparación del frasco para la muestra

Composición Capsula Readycult 100 Coliformes

Triptosa 0,5	Potasio Dihidrogeno fosfato 0,2
Sodio Cloruro 0,5	Laurilsulfato sodio 0,1
Sorbitol 0,1	X.GAL 0,008
Triptofano 0,1	MUG 0,005
Di-potasio hidrogeno fosfato 0,27	IPTG 0,0

Frasco de Vidrio o plástico Estéril con tiosulfato de Sodio al 0.3%

1. Preparación:
2. En un Frasco o Viquer 100ml de Agua Destilada
3. Agregar 3g de Tiosulfato QP
4. Calentar en estufa o mechero hasta que se disuelva completamente
5. Con una micropipeta y una punta Estéril Extraer 1ml (1000 ul) para cada frasco estéril de 100 a 120 ml de capacidad.

Anexo 04

Ficha de muestreo de la investigación realizada concerniente a coliformes y *Escherichia coli*.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Número de la Muestra:

Código de la Muestra:

Distrito: SAN JUAN DE LURIGANCHO

Fecha: ___/___/20___

Hora: _____

Dirección del Lugar donde se tomó la muestra:

Lugar de la toma de muestra:

Transporte de muestra:

Muestras transportadas en Cooler (Refrigerada de 2 – 8 °C)

OBSERVACIONES ASOCIADAS AL MUESTREO

Se presentaron casos de diarrea: si no

Condiciones del sitio donde se toma la muestra:

Buena Regular Mala

Actividades que afectan al acueducto:

Porcinas Granjas Letrinas
 Ganadería Ninguno otros

Firma del Encargado de Toma y procesamiento de la muestra: _____

Observaciones:

Anexo 05

Ficha de resultados de la determinación de presencia o ausencia de coliformes y *Escherichia coli* por sustrato Cromogenico.

FICHA DE RESULTADO DE DATOS

N° Análisis:

Código de la muestra:

Fecha de recolección: ___/___/20___

Hora de recolección:

Fecha de Procesamiento: ___/___/20___

Hora de Procesamiento:

Condiciones en que llego la muestra:

Se acepta se rechaza

ANALISIS BACTERIOLOGICO:

Detección de la Presencia o Ausencia (P/A) de coliformes por Método de Sustrato Cromogenico Usando el test ReadyCult.

Presencia de Coliforme totales: si no

Presencia de *Escherichia coli*: si no

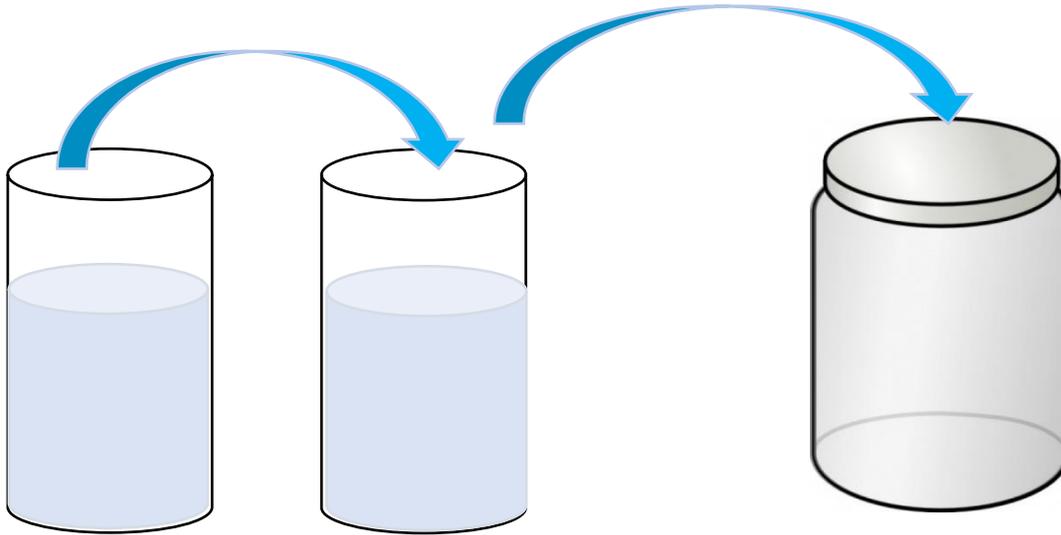
Observaciones: _____

Anexo 06

Preparación del medio para conservación de coliformes

Añadir 3g de Tiosulfato de Sodio QP

Agregar 1ml

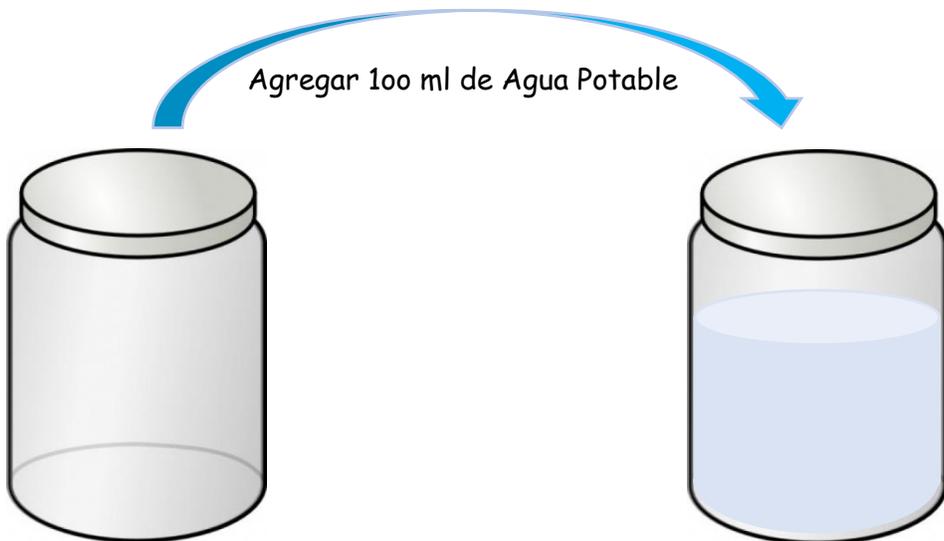


100ml de Agua Destilada

Frasco Estéril

TOMA DE MUESTRA

Agregar 100 ml de Agua Potable



Frasco Con Tiosulfato al 3%

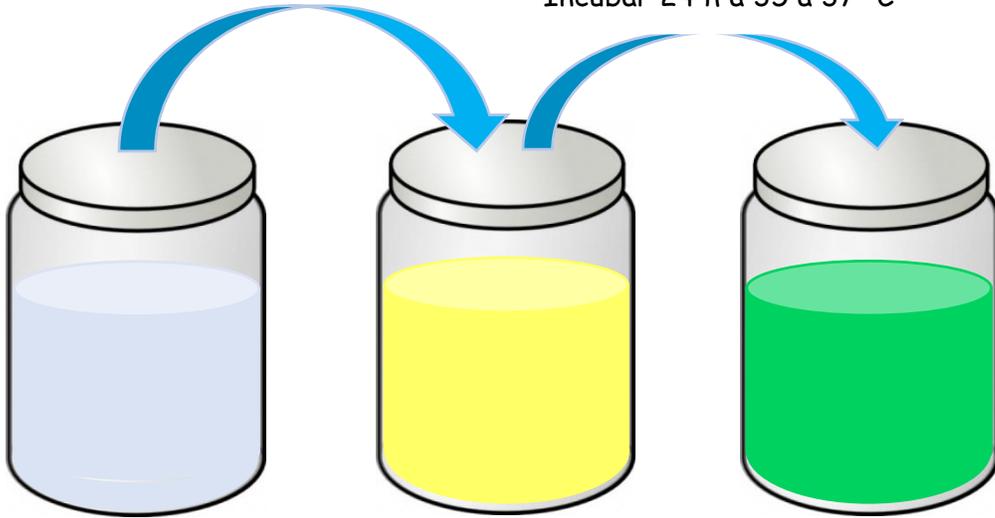
Frasco con 100 ml
de Agua potable

Anexo 07

Procedimiento para la determinación de coliformes

Disolver Una Capsula Readycult
100 en la muestra.

Incubar 24 h a 35 a 37 °C

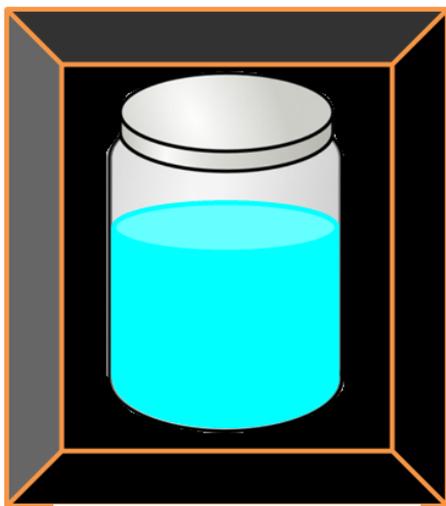


Frasco con Sustrato
Cromogenico

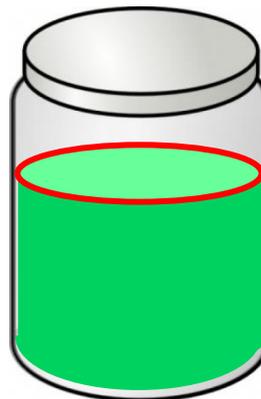
Cambio de Color
indica positivo Para
Coliformes

Si es Positivo se
Somete a Lu UV

Agregar 2.5 ml de
Reactivo de Kovacs



Si emite Fluorescencia
es Positiva Para *E coli*



Si se Forma un Halo Rojizo o
Azulado *E. coli* Confirmado

Anexo 08

Ubicación geográfica de la zona de muestreo para la determinación coliformes y *Escherichia coli*.



