



FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

Análisis bacteriológico del agua de la fuente de abastecimiento y de jeringa triple de las unidades dentales de clínicas odontológicas en Tarma (Junín), período octubre 2012-febrero 2013

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO FARMACÉUTICO**

Presentado por

**BR. LIÑÁN TRUJILLO, JOSÉ LUIS
BR. REYNOZO GÁLVEZ, CECILIA ELISA**

ASESOR

DRA. ANA MARÍA V. CHÁVEZ FERNÁNDEZ

LIMA-PERÚ

2013

DEDICATORIA

Para todas las personas que luchan día a día por cumplir sus sueños.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la vida y guiarnos cada día.

A nuestras familias y amigos, que nos brindaron el apoyo constante en nuestra carrera profesional, por confiar siempre en nosotros.

A la QF Mónica Arce, por brindarnos el apoyo y facilitarnos el laboratorio de microbiología para realizar nuestros análisis.

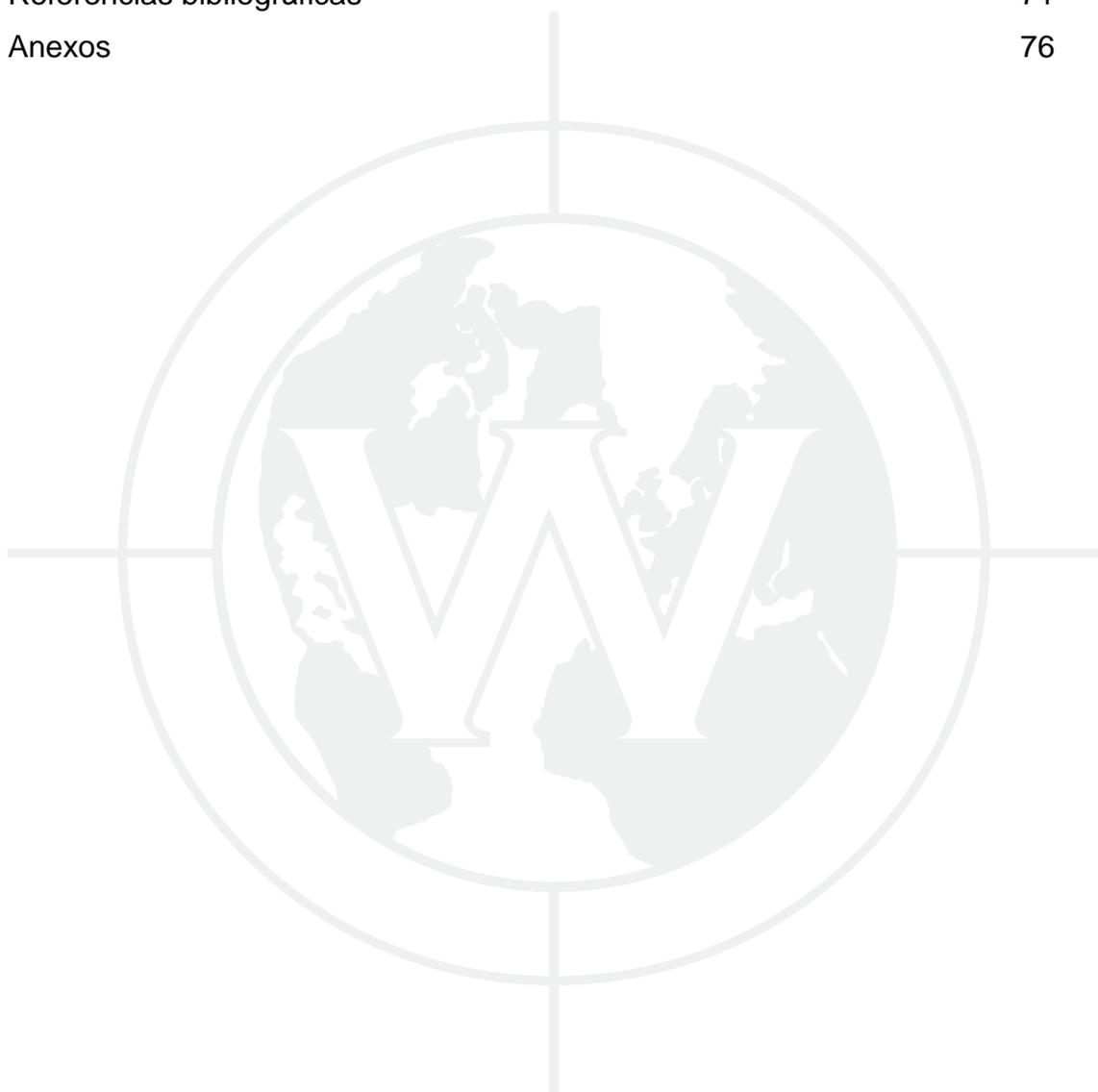
A nuestros profesores de la Universidad Wiener, por sus sabias enseñanzas. Especialmente a nuestra maestra Ana María Chávez Fernández, por su apoyo y guía en nuestra investigación.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
SUMMARY	
CAPÍTULO I: DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	08
1.1. Planteamiento del problema	08
1.2. Justificación	09
1.3. Objetivos	10
1.4. Hipótesis	10
1.5. Variables	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes	12
2.2. Bases teóricas	
A) Agua	13
A.1. Importancia	13
A.2. Clasificación del agua	14
A.3. Agua potable	14
B) Microbiología del agua	15
B.1. Células eucariotas	16
B.2. Células procariontas	17
B.3. Virus	20
C) El agua como vehículo de enfermedades	20
C.1. Diarrea-Gastroenteritis	21
C.2. Amebiasis	21
C.3. Shigelosis	21
C.4. Giardiasis	21
C.5. Salmonelosis o fiebre tifoidea	22
C.6. Cólera	22
C.7. Parasitosis humana	22
D) Indicadores de la calidad del agua	23
D.1. Coliformes totales	25
D.2. Bacterias termotolerantes	26

D.3. Bacterias heterotróficas	27
D.4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	27
E) Método de análisis bacteriológico del agua	28
E.1. Método de fermentación en tubos múltiples	28
E.2. Filtración por membrana (FM)	29
E.3. Recuento en placa	30
F) Determinación del cloro libre	31
G) Medios de cultivo	32
G.1. Clasificación	33
G.2. Medios utilizados	36
H) Unidad dental	43
H.1. Partes de la unidad dental	44
I) Bioseguridad en la clínica odontológica	45
I.1. Métodos de barrera	46
J) <i>Biofilm</i>	47
J.1. Morfología	47
J.2. Formación del <i>biofilm</i>	48
K) Desinfección de conductos de agua	51
K.1. Desinfección química	52
L) Parámetros de control obligatorio del agua potable según el Minsa	54
L.1. Límites máximos permisibles de parámetros bacteriológicos	55
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	56
3.1. Tipo de estudio	56
3.2. Lugar de estudio	56
3.3. Población, muestra y unidad de análisis	56
3.4. Diseño del estudio	56
3.5. Procedimiento	57
3.6. Obtención de información	58
3.6. Análisis estadístico	61
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	62
4.1. Agua de la fuente de abastecimiento	62

4.1. Agua de la jeringa triple	65
CAPÍTULO V: DISCUSIONES	68
5.1. Conclusiones	69
5.2. Recomendaciones	70
Referencias bibliográficas	71
Anexos	76



RESUMEN

En la determinación de la calidad bacteriológica del agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple utilizadas en las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín) se realizó un muestreo en 25 clínicas odontológicas con atención permanente, teniendo en total 30 muestras de agua, 5 de la fuente de abastecimiento y 25 de la jeringa triple. Se realizó el recuento de bacterias heterotróficas, coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, utilizando el método de filtración por membrana, basados en el Standard methods for the examination of water and wastewater (AWWA, APHA Y WEF), siguiendo los lineamientos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud (Minsa).

Se prepararon y esterilizaron los medios de cultivo y materiales de vidrio que se utilizaron en el hospital Félix Mayorca Soto. El análisis de las muestras de agua potable se llevó a cabo en el laboratorio de la carrera técnica de Farmacia del Instituto Santa Lucía, de la ciudad de Tarma (Junín). En todo momento se contó con la ayuda de profesionales especializados, en el área de Laboratorio Clínico.

Se observó que las 5 muestras de agua de la fuente de abastecimiento indicaron la ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y < 500 ufc de bacterias heterotróficas. Mientras que para las 25 muestras de agua de la jeringa triple se obtuvo la presencia de coliformes totales en el 88 % de los consultorios odontológicos, coliformes fecales en el 32 %, bacterias heterotróficas en el 20 %, *Pseudomonas aeruginosa* en el 16 % y *Escherichia coli* en el 8 %. Es por ello que solo 3 muestras de agua de los consultorios dentales cumplen con los parámetros establecidos por el Minsa.

Palabras clave: *coliformes totales; coliformes termotolerantes; bacterias heterotróficas; Escherichia coli; Pseudomonas aeruginosa.*

SUMARY

In the determination of the bacteriological quality of water supply source and the triple syringe used in dental units of the Dental Clinics of the city of Tarma - Junín. Sampling was conducted in 25 dental clinics with constant attention, taking a total of 30 water samples, 5 of the power supply and 25 of the triple syringe. Were counted heterotrophic bacteria, total coliforms, thermotolerant coliforms, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, using the membrane filtration method, based on the "Standard methods for de examination of water and wastewater" (AWWA, APHA Y WEF), along the lines of "Regulation of Drinking Water Quality human" the Ministry of Health.

Was prepared and sterilized culture media and glass materials used in the Hospital "Felix Mayorca Soto", the analysis of drinking water samples was carried out in the laboratory of the technical course at the Institute of Pharmacy "Santa Lucia " city of Tarma - Junín, every time we had the help of professional specialized in the area of Clinical Laboratory.

It is observed that 05 samples of water from the supply source indicate the absence of total coliforms, thermotolerant coliforms, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* and <500ufc of heterotrophic bacteria. While for the 25 samples of water from the syringe, we obtained the presence of total coliforms in 88 % of dental offices, thermotolerant coliforms in 32 %, heterotrophic bacteria in 20 %, *Pseudomonas aeruginosa* in 16 % and *Escherichia coli* in 8 %, which is why only 03 water samples from dental offices meet the parameters set by the Ministry of Health.

Keywords: *Total coliforms*; thermotolerant coliforms; *heterotrophic bacteria*; *Escherichia coli*; *Pseudomonas aeruginosa*.

I. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En una consulta odontológica habitual se realizan diversos tratamientos a niños, adultos y personas de la tercera edad con diferentes estados de salud. Por lo tanto, el uso del agua es imprescindible tanto para la higiene de las manos del odontólogo como para la preparación de materiales y el enfriamiento de los instrumentos rotatorios utilizados en dichos procedimientos^{1,2}.

Es por ello que, en una unidad dental, el agua juega diferentes roles. Generalmente está distribuida en un sistema de tuberías, que está conectado a la red de suministro de agua potable. El pequeño diámetro y la gran relación área-volumen de estos conductos, sumados al poco flujo de agua utilizado en los procedimientos dentales, facilitan la acumulación de bacterias presentes en el sistema de distribución del agua, favoreciendo la formación del *biofilm* en las tuberías de agua de la unidad dental¹.

El personal que trabaja en el consultorio dental está expuesto a una gran variedad de microorganismos presentes en la sangre y saliva de los pacientes, tales como bacterias, hongos, virus y protozoarios. Cualquiera de estos microorganismos pudiera causar una enfermedad infectocontagiosa, desde una simple gripe hasta tuberculosis, neumonía, hepatitis B, herpes o el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA)².

Debido al contacto directo que el agua proveniente de dichos dispositivos tiene con las mucosas y estructuras dentales del individuo que está siendo tratado, tener una buena calidad bacteriológica del agua que se utiliza durante la práctica odontológica es muy importante en la prevención de infecciones, ya que durante los procedimientos dentales esta puede ser tragada o aspirada por los pacientes o por los profesionales de la salud dental³.

El agua utilizada para los procedimientos dentales en la ciudad de Tarma (Junín) es potable. El mantenimiento y la desinfección de las tuberías por donde transita el agua son realizadas cada seis meses por el personal que trabaja en los consultorios dentales, utilizando como desinfectante el cloro. Sin embargo, en muchos casos no se realiza la desinfección de estos conductos,

ya que la procedencia del agua utilizada en la fuente de abastecimiento es de agua potable. Esto se debe, a veces, a que no hay personal especializado que realice este servicio o, muchas otras veces, por desconocimiento.

Es por ello que el monitoreo y el mantenimiento de los sistemas de tuberías, unidos a estrategias que combinen diversas modalidades de tratamiento del agua, pueden representar la mejor alternativa para optimizar la calidad de este recurso en las unidades dentales, evitando, así, procesos adversos a la salud.

Problema

¿Es aceptable la calidad bacteriológica del agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple utilizadas en las unidades dentales de la ciudad de Tarma (Junín)?

1.2. Justificación

La presente investigación se justifica por los siguientes aspectos:

- **Salud:** constituye una base para mejorar la calidad del agua utilizada en las unidades dentales, ya que debe encontrarse dentro de los lineamientos del Minsa.
- **Económico:** por contribuir en este sector, a través de la prevención de enfermedades transmitidas por el agua a personas con un sistema inmunológico deprimido.
- **Actualidad:** debido que en estos tiempos no hay una manipulación adecuada ni control bacteriológico de las aguas de las unidades dentales.
- **Social:** pues el monitoreo de la calidad del agua permitirá brindar un mejor servicio a los pacientes en las clínicas odontológicas.

1.3. Objetivos

a) General

Determinar la calidad bacteriológica del agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple utilizadas en las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín).

b) Específicos

1. Determinar el número de bacterias coliformes totales en la fuente de abastecimiento de agua y en la jeringa triple de las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín).
2. Determinar el número de bacterias coliformes termotolerantes en la fuente de abastecimiento de agua y en la jeringa triple de las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín).
3. Determinar el número de *Escherichia coli* en la fuente de abastecimiento de agua y en la jeringa triple de las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín).
4. Determinar el número de bacterias heterotróficas en la fuente de abastecimiento de agua y en la jeringa triple de las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín).
5. Determinar la presencia de las *Pseudomonas aeruginosa* en la fuente de abastecimiento de agua y en la jeringa triple de las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín).

1.4. Hipótesis

Existe contaminación bacteriológica del agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple utilizadas en las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín), durante el período de octubre 2012-marzo 2013.

1.5. Variables

a) Dependiente

La calidad bacteriológica del agua.

b) Independiente

El agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple de unidades dentales.



II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En una investigación de **Gonzales Díaz**¹ se señala que el control de la calidad microbiológica del agua en las unidades dentales ha ganado gran relevancia en los últimos años, ya que tanto los pacientes como el personal laboral están continuamente expuestos al agua y a los aerosoles generados en dichas unidades. Existen evidencias que indican que el personal que trabaja en clínicas dentales está más expuesto a los patógenos del agua que el resto de la población.

Según **Díaz Amanca**⁴, en un estudio realizado en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, se obtuvieron 24 muestras de la fuente y 42 de la red de distribución, teniendo como resultado que en la fuente de agua no había presencia de coliformes totales ni termotolerantes. Sin embargo, en las muestras de la red de distribución sí se encontraron coliformes totales, aunque ningún coliforme termotolerante. Concluye que la presencia de coliformes totales en la red de distribución se puede deber al recorrido a través de las tuberías, porque el agua de la fuente dio negativo para coliformes.

Muñoz Vargas⁵ sostiene que es común que las piezas utilizadas en los procedimientos dentales no se laven ni se esterilicen durante la consulta entre pacientes y, por eso mismo, se acumulen bacterias tanto en la superficie como en el interior de las líneas de agua, lo cual puede permitir el desarrollo de una película bacteriana que se ve favorecida por el estancamiento ocurrido durante los períodos de inactividad clínica.

En otro estudio, realizado por **Marín Naranjo**⁶, se ha observado que las bacterias multiplicadas en el agua de las unidades dentales pueden producir infecciones en pacientes por la exposición al agua contaminada o por las salpicaduras, que tienen la facultad de producir colonización bacteriana de la mucosa nasal o conjuntiva. La colonización de la orofaringe o el tracto respiratorio superior ha sido señalada como precursora en el desarrollo de neumonía bacteriana o aspiración secundaria de microorganismos. Esta comunidad microbiana de células adheridas a una superficie se conoce como biopelícula (*biofilm*), y está formada por un exceso de microorganismos que se

adhieren a la superficie luminar de las líneas de agua y forman una membrana encima de la superficie del líquido, que no se desprende con enjuague suave.

2.2. Bases teóricas

A. Agua

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El agua es el líquido más abundante de la corteza terrestre y uno de los pocos líquidos naturales, debido a sus particulares propiedades físico-químicas, ya que favorece el desarrollo de una gran variedad de procesos químicos y biológicos⁷.

A.1. Importancia

- Es una molécula muy polar, un fenómeno con implicaciones enormes para los sistemas vivientes. Además, las moléculas se asocian mediante enlaces de hidrogeno, una interacción crucial tanto para las propiedades del agua en sí como por su papel como solvente bioquímico⁸.
- Es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia. Eso se debe, en gran parte, a las uniones intermoleculares^{7,8}.
- El agua permite la disociación de la mayoría de las sales minerales; es decir, posee una alta constante dieléctrica⁸.
- Tiene un elevado calor específico, por lo que el hombre puede absorber o perder bastante calor con escasa modificación de la temperatura corporal. Una característica de la que se valen algunos organismos es la tensión superficial, es decir, sus moléculas se ordenan de modo que la superficie libre sea mínima^{7,8}.

A.2. Clasificación del agua

A.2.1. Según su procedencia

- Aguas superficiales

Son las que proceden de los ríos, lagos, pantanos o del mar. Para que resulten potables deben someterse a un tratamiento que elimina elementos no deseados, tanto partículas en suspensión como microorganismos patógenos⁹.

- Aguas subterráneas

Proceden de un manantial que surge del interior de la tierra o se obtienen de los pozos. Presentan normalmente un grado de contaminación inferior a las superficiales, pero deben tener un tratamiento previo a su consumo⁹.

A.2.2. Según la cantidad de minerales

- Agua dura

Contiene muchos minerales, como calcio y magnesio. Procede de fuentes subterráneas, en las que el agua ha tenido que atravesar diferentes capas de minerales⁹.

- Agua blanda

Contiene pocos minerales. Procede de aguas superficiales. El agua más blanda es el agua destilada, que no posee ningún mineral⁹.

A.3. Agua potable

Se denomina agua potable a aquella que posee ciertas características químicas, físicas y biológicas aptas para el consumo humano y animal, sin

riesgo de que contraigan enfermedades; es decir, el agua que ha sido tratada para consumo humano, regida por estándares de calidad determinados por las autoridades. Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina “potabilización”. Suele consistir en un *stripping* de los compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono¹⁰.

Para que el agua sea potable debe reunir los siguientes requisitos sanitarios¹⁸:

- Ser fresca y limpia.
- No tener ni olor ni sabor, aparte del peculiar.
- No exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos.
- No contener microorganismos patógenos, y de los no patógenos solo un límite reducido y determinado.
- Contener determinada proporción de gases disueltos, como oxígeno y otros.
- Contener en disolución sales en una proporción que no exceda de 0,25 g/l. Las más importantes son NaCl, KCl, MgCl₂, Na₂SO₄, y sales de Fe y Ca.

B. Microbiología del agua

Los microorganismos encontrados en el agua de los ríos, lagos y mares son extremadamente diversos. La cantidad y tipo de bacterias contenidas en esta dependerán de las cantidades de materia orgánica disuelta, la presencia de sustancias tóxicas, su contenido salino y factores ambientales como pH, temperatura, entre otros¹¹.

Los microorganismos más numerosos que pueden albergar las diferentes masas de aguas existentes en nuestro planeta incluyen células eucariotas (algas, protozoarios y hongos), células procariotas (bacterias y cianobacterias) y virus¹².

B.1. Células eucariotas

B.1.1. Algas

Son aerobias y en ambientes con poco oxígeno mueren, flotan y se descomponen, produciendo sabores y olores desagradables. Además, obstruyen los filtros. Estos microorganismos contienen clorofila, para la actividad fotosintética; sin embargo, el color verde puede estar enmascarado por otros pigmentos. Encontramos las siguientes familias de algas¹³:

- *Chlorophyta* o algas verdes, que tienen un olor a pescado o a hierba.
- *Cyanophyta* o algas verdes azuladas, con olores desagradables que pueden producir sustancias tóxicas.
- *Chrysophyta*, son de color amarillo verdoso y a menudo generan olores aromáticos (geranios) o huelen a pescado (por ejemplo: *Aulococceira* y *Cyclotella*).



Figura N.º 01. Alga *Chlorophyta*.

Fuente: Eric Coppejan, 2005.

B.1.2. Protozoarios

Son organismos formados por una sola célula; pueden ser de vida libre o parásitos, y se dividen en cuatro grupos de acuerdo con su locomoción (movimiento): flagelados, sarcodarios, ciliados y esporozoarios⁴. Frecuentemente, en el agua contaminada con heces, se encuentran dos

protozoarios parásitos con incidencia en salud humana, responsables de epidemias, y son los siguientes¹⁴:

B.1.2.1. *Giardia lamblia*

Flagelado con un tamaño de 15 μm . Se transmite al hombre a través de agua contaminada con materia fecal. Las células del protozooario producen un estado de reposo denominado “quiste”. Los quistes, al ser ingeridos, germinan y causan giardiasis, que es una de las enfermedades parasitarias de origen hídrico más comunes¹⁴.

B.1.2.2. *Cryptosporidium parvum*

Es un parásito del hombre y animales de tamaño muy pequeño (2-5 μm). Es redondeado y crece en el interior de las células del epitelio mucoso del intestino y del estómago. Los quistes infecciosos producidos por este protozooario poseen una pared muy gruesa. Los quistes de *Cryptosporidium* son mucho más resistentes a la cloración que los de *Giardia*¹⁴.

B.1.3. Hongos

Los organismos del reino fungi pueden ser unicelulares o multicelulares. Los hongos se reproducen de forma sexual o asexual. Obtienen su nutrición mediante la absorción de su entorno¹⁵.

B.2. Células procariotas

B.2.1. Bacterias

Las bacterias que se encuentran en el agua pueden agruparse en tres clases: bacterias naturales del agua, bacterias del suelo y bacterias de origen intestinal. Entre ellas tenemos¹⁶:

a) Bacterias Gram negativas

Entre las especies que se han aislado de aguas, podemos mencionar a las pertenecientes a los géneros *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium* spp., *Gallionella* spp., *Aeromonas* spp., *Vibrio* spp., *Achromobacte* spp., *Alcaligenes* spp., *Bordetella* spp., *Neisseria* spp., *Moraxella* spp., *Acinetobacter* spp y *Enterobacteriaceae*¹³.

1. *Pseudomonas*

Son bacilos psicrófilos, presentan flagelos peritricos, producen pigmentos (verde, azul verdoso, rojo, marrón) y no forman esporas, siendo *Pseudomonas aeruginosa* la de mayor relevancia sanitaria, por ser un patógeno oportunista. Su presencia en sistemas de almacenamiento, tanques y cisternas responde a un estado deficiente de dichas instalaciones¹³.

2. *Flavobacterium*

Es un género ampliamente distribuido en aguas y suelos. No ha sido encontrado en sedimentos de acuíferos profundos, pero sí en las aguas que se extraen de ellos. Por esta razón, se duda si las flavobacterias se encuentran naturalmente en un acuífero o simplemente colonizan el pozo luego de su perforación. Son bacilos que se caracterizan por falta de movilidad y producción de pigmentos de color amarillo^{13,14}.

3. *Enterobacteriaceae*

Son bacilos no esporulados, no móviles y, si lo son, por flagelos de inserción peritrica. Con requerimientos nutricionales relativamente simples, fermentan la glucosa por vía glucolítica dando ácidos como producto final¹³.

Son los más importantes dentro de los anaeróbicos facultativos, y su presencia en agua está asociada a contaminación fecal³. Proviene de

la flora normal del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente. Entre ellos tenemos¹⁶:

- ***Escherichia coli***

Habitante normal del intestino humano, es utilizado como indicador de contaminación fecal de aguas¹⁶.

- **Grupo *Vibrio***

Está integrado por bacilos curvados, anaerobios facultativos, poseen flagelos polares, aunque algunos son peritricos. *Vibrio cholerae*, especie más representativa de este género, es patógeno para humanos y responsable del cólera. Su transmisión es casi exclusivamente por vía hídrica¹⁶.

b) Bacterias Gram positivas

No representan un grupo muy difundido en agua; sin embargo, incluyen algunos patógenos humanos aislados, especialmente de aguas subterráneas¹³.

Los cocos más comunes pertenecen a los géneros *Micrococcus* spp., *Staphylococcus* spp. y *Streptococcus* spp. El género *Streptococcus* spp. incluye a *Enterococcus faecalis*, patógeno humano que habita normalmente en el intestino de hombres y animales, por lo que es un indicador de contaminación fecal de aguas¹⁴.

Las bacterias esporulantes, pertenecientes a los géneros *Bacillus* spp. y *Clostridium* spp., presentan metabolismo aeróbico y anaeróbico, respectivamente. A partir de suelos y acuíferos aeróbicos se aíslan especies incluidas en el género *Bacillus* spp.; y, a partir de suelos, sedimentos, aguas subterráneas anaerobias y última porción del tracto intestinal de animales se pueden encontrar especies de *Clostridium* spp.^{13,14}.

B.3. Virus

El 87 % de las enfermedades virales transmitidas por el agua son causadas por el virus de la hepatitis (adenovirus y rotavirus)¹³.

C. El agua como vehículo de enfermedades

De los diferentes factores que se han asociado con el riesgo de enfermar en cualquier época de la historia, el agua ha sido uno de los que ha despertado mayor interés¹⁷.

El mayor riesgo microbiano del agua es el relacionado con el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales, aunque pueden haber otras fuentes y vías de exposición significativas¹⁸.

La importancia del agua como elemento de transmisión de enfermedades infecciosas se basa fundamentalmente en dos factores¹⁷:

- Es susceptible de ser contaminada por agentes patógenos.
- Su consumo es universal.



Figura N.º 02. Microorganismos en el agua.

Fuente: Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2011.

También existe una considerable variabilidad en la inmunidad de las personas, ya sea adquirida por contacto con un agente patógeno o determinada por factores como la edad, el sexo, el estado de salud y las condiciones de vida¹⁸.

Numerosas enfermedades se transmiten por el agua, como las siguientes¹⁹:

C.1. Diarrea-Gastroenteritis

Gastroenteritis es el término que se aplica en general a un grupo de trastornos cuya causa son las infecciones y la aparición de síntomas como pérdida de apetito, náuseas, vómitos, diarrea moderada a intensa, retortijones y malestar en el abdomen. Aunque se trata de un ligero contratiempo en los adultos sanos, un desequilibrio electrolítico puede provocar una deshidratación en las personas muy enfermas, en niños y en ancianos¹⁹.

C.2. Amebiasis

La amebiasis es una infección del intestino grueso causada por la *Entamoeba histolytica*, un parásito unicelular. El ciclo vital de la *Entamoeba* depende de la excreción de los quistes en las heces y de la subsiguiente ingestión en otro huésped (transmisión persona-persona). En cuanto a la edad, se ha encontrado mayor frecuencia en escolares y preescolares, siendo menor en lactantes¹⁹.

C.3. Shigelosis

La shigelosis (disentería bacilar), una infección intestinal que produce diarrea intensa, es causada por la bacteria *Shigella*. Es causante de la disentería en todo el mundo y es responsable del 5 al 10 % de las enfermedades diarreicas producidas en muchas áreas. La infección se transmite por contacto con las heces de personas infectadas¹⁹.

C.4. Giardiasis

La giardiasis es una infección del intestino delgado causada por *Giardia lamblia*, un parásito unicelular que vive en el intestino de las personas y de los animales, y se transmite en las heces de una persona o animal

infectado. Durante las dos últimas décadas, el organismo *Giardia* se ha reconocido como una de las causas más comunes de la enfermedad transmitida por el agua (para beber y para recreación) en los seres humanos. La giardiasis ocurre en todo el mundo; es especialmente frecuente entre los niños y en sitios en que las condiciones sanitarias son deficientes¹⁹.

C.5. Salmonelosis o fiebre tifoidea

La salmonelosis es la infección con una bacteria llamada *Salmonella*. La mayoría de las personas infectadas con *Salmonella* contraen diarrea, fiebre y calambres abdominales de 12 a 72 horas después de la infección. La enfermedad dura de 4 a 7 días y la mayoría de las personas se recuperan sin tratamiento. En otros pacientes, la infección con *Salmonella* puede propagarse de los intestinos a la corriente sanguínea y, después, a otras partes del cuerpo, y puede ocasionar la muerte, a menos que la persona reciba tratamiento expedito con antibióticos¹⁹.

C.6. Cólera

El cólera es una enfermedad aguda, diarreica, provocada por infección intestinal por la bacteria *Vibrio cholerae*. Una persona puede adquirir cólera bebiendo agua o comiendo alimentos contaminados con la bacteria. La infección generalmente es benigna o asintomática, pero, a veces, puede ser grave. Las bacterias del cólera producen una toxina que hace que el intestino delgado secrete inmensas cantidades de líquido rico en sales y minerales¹⁹.

C.7. Parasitosis humana

Las parasitosis intestinales, como las infecciones del tubo digestivo, se relacionan estrechamente con el nivel sanitario de la población, sus hábitos higiénicos y alimentarios, así como el empleo de agua potable y de sistemas adecuados de eliminación de las heces. Son padecimientos

muy frecuentes en todo el mundo, y afectan tanto a niños como a adultos. Su diagnóstico y tratamiento son relativamente fáciles, aunque su prevención y eliminación no lo son tanto¹⁹.

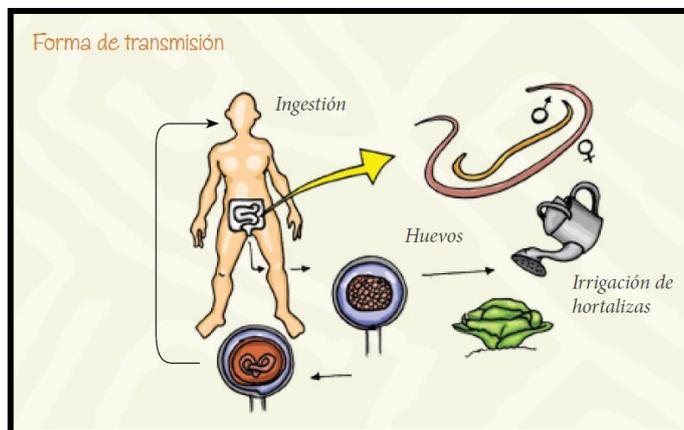


Figura N.º 03. Enfermedades transmitidas por el agua.

Fuente: Compendio informativo sobre enfermedades hídricas, 2009.

D. Indicadores de la calidad del agua

Un organismo es considerado indicador de la calidad de agua cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Es por ello que permite medir la eficacia de un proceso¹⁸.

Según las Guías para la Calidad del Agua, los parámetros recomendados para el monitoreo mínimo del agua son aquellos que permitan evaluar la calidad higiénica de ella, y, por lo tanto, del riesgo de transmisión de enfermedades; es por ello que los parámetros fundamentales de la calidad del agua son *Escherichia coli* (detección de coliformes termotolerantes) y residuo del cloro¹⁸.

El uso de la presencia de microorganismos indicadores como indicio de contaminación fecal es una práctica bien establecida en la evaluación de la calidad del agua de consumo².

Los indicadores de contaminación fecal, además de no ser patógenos, deben cumplir los siguientes criterios¹⁸:

- Estar universalmente presentes, en grandes concentraciones, en las heces de personas y animales.
- Tener una persistencia en agua similar a la de los agentes patógenos fecales.
- Estar presentes en concentraciones mayores que las de los agentes patógenos fecales.
- Responder a los procesos de tratamiento de forma similar a los agentes patógenos fecales.
- Detectarse fácilmente mediante métodos sencillos y baratos.

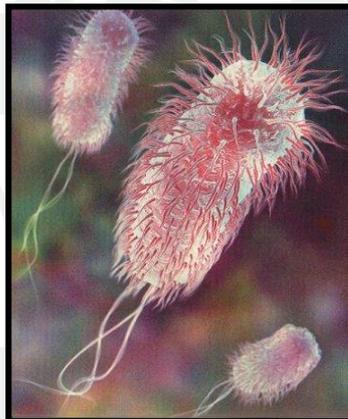


Figura N.º 04. Enfermedades transmitidas por el agua.

Fuente: Compendio informativo sobre enfermedades hídricas, 2009.

Los microorganismos indicadores de contaminación fecal son bacterias fácilmente cultivables e identificables en el laboratorio. Proviene del intestino humano o de otros animales de sangre caliente. Es por ello que su identificación se interpreta como sinónimo de contaminación fecal²⁰.

Se recurre a emplear las bacterias indicadoras asociadas con la contaminación de materia fecal. Los grupos de microorganismos más ampliamente usado son los siguientes¹⁷:

D.1. Coliformes totales

Incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos y no esporulantes, capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares, fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35-37 °C. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima β -galactosidasa¹⁸.



Figura N.º 05. Agar endo-coliformes totales.

Fuente: Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua, 2006.

Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp. y *Enterobacter* spp., pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros, como *Serratia* spp. y *Hafnia* spp. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales².

Sin embargo, bajo estas condiciones, pueden aislarse especies de estos géneros no relacionados con materia fecal, por lo que se requiere de otros indicadores más específicos^{8,20}.

Se utilizan como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas¹⁸.

D.1.1. Relevancia de su presencia en el agua

Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento realizado es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una proliferación y posible formación de biopelículas, o contaminación de materias extrañas¹⁸.

D.2. Bacterias termotolerantes

Presentan las mismas características que los coliformes totales, pero son capaces de fermentar la lactosa a 44-45 °C, y son conocidas también como coliformes termorresistentes¹⁸.

En este grupo, la principal bacteria de identificación es *Escherichia coli*³, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp. y *Enterobacter* spp. también son termotolerantes¹⁸.

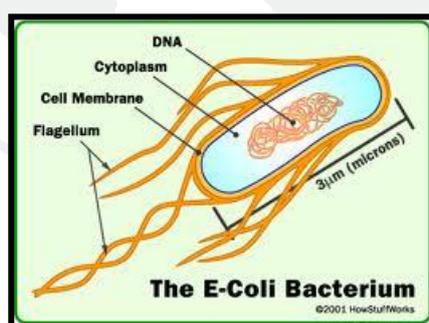


Figura N.º 06: Morfología de *Escherichia coli*.

Fuente: Patogénesis molecular, epidemiología y diagnóstico de *Escherichia coli* enteropatógena, 2007.

Escherichia coli es considerada flora normal del aparato digestivo del hombre y de diversos animales, pero al mismo tiempo es una

enterobacteria que provoca sepsis bacteriana, meningitis neonatal, infección del tracto urinario y gastroenteritis¹⁷.

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. Además, su hallazgo se considera indicativo de contaminación fecal¹⁸.

D.3. Bacterias heterotróficas

El recuento de heterótrofos en placa detecta un amplio espectro de microorganismos heterótrofos, incluidos bacterias y hongos, basándose en la capacidad de estos microorganismos de crecer en medios ricos en nutrientes, sin agentes selectivos ni inhibidores, durante un período de incubación específico y a una temperatura definida¹⁸.

Las bacterias heterotróficas son los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica contaminante del agua y de los desechos orgánicos en los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales⁵.

El análisis de este tipo de bacterias puede utilizarse en el monitoreo como indicador de tratamiento y desinfección del agua. Al mismo tiempo, se pueden usar para evaluar la limpieza e integridad de los sistemas de distribución, así como la presencia de biopelículas^{18,21}.

D.4. *Pseudomonas aeruginosa*

Es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua y las aguas residuales. Puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas propicias en contacto con el agua. Es considerada una fuente conocida de infecciones intrahospitalarias y puede producir complicaciones graves. Se ha aislado en gran variedad de ambientes húmedos, como fregaderos, baños de agua, sistemas de distribución de agua caliente, duchas y bañeras de hidromasaje¹⁸.

Es sensible a la desinfección, por lo que una limpieza adecuada puede minimizar su entrada en los sistemas de distribución¹⁸.

Las medidas de control diseñadas para limitar la formación de biopelículas, la restricción del tiempo de residencia del agua en los sistemas de distribución y el mantenimiento de concentraciones residuales de desinfectantes deberían reducir la proliferación de estos microorganismos^{18,21}.

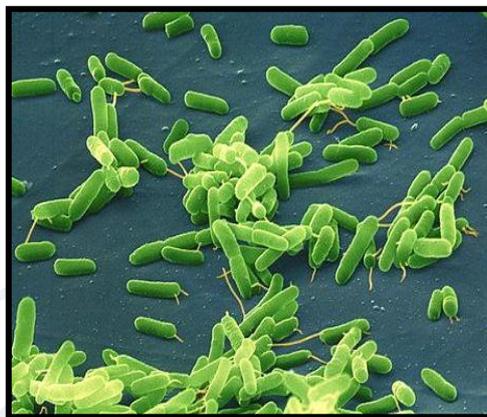


Figura N.º 07. *Pseudomonas aeruginosa*.

Fuente: Special pathogens laboratory, 2009.

E. Métodos de análisis bacteriológico del agua

Estos métodos consisten en análisis rutinarios para determinar la presencia de coliformes en el agua. Las bacterias coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas; por ello, su ausencia en el agua es un índice de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana¹⁶.

Para determinar la calidad bacteriológica del agua se utilizan varias técnicas, entre las cuales las más usadas son el método de fermentación en tubos múltiples, el de filtro de membrana y el de recuento en placa¹⁶.

E.1. Método de fermentación en tubos múltiples

Este método determina la presencia y el número de bacterias coliformes mediante la siembra de una serie de porciones de un volumen determinado de muestra en tubos que tienen un medio favorable de cultivo¹⁷.

El método de los tubos múltiples se basa en leyes de probabilidades y se utiliza para obtener una estimación del número de bacterias en una muestra que se expresa como el número más probable (NMP)¹⁷.

Consiste en la inoculación de volúmenes decrecientes de la muestra en un medio de cultivo adecuado para el crecimiento de las bacterias investigadas; cada volumen es inoculado en una serie de tubos¹⁵.

Tras incubar, se observa turbidez, cambio de color o producción de gas, según los casos, obteniendo un valor numérico que, a través de las tablas, indica la cifra más probable de microorganismos en la muestra². La combinación de resultados negativos y positivos permite estimar la densidad original de bacterias (NMP), debido a la aplicación de cálculos de probabilidades¹⁵.

En la determinación existen tres fases; presuntiva, confirmativa y de análisis completo¹⁵.

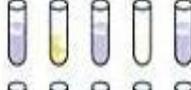
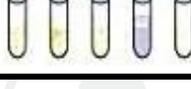
Volumen del inóculo para cada conjunto de cinco tubos	Tubos con medio nutritivo (conjuntos de cinco tubos)	Número de tubos positivos en el conjunto
10 mL		5
1 mL		3
0,1 mL		1

Figura N.º 08. Método de NMP para análisis del agua.

Fuente: Fundamentos de limnología neotropical, 2008.

E.2. Filtración por membrana (FM)

La técnica se fundamenta en la filtración de un volumen conocido de la muestra o de sus diluciones, a través de una membrana de poros muy pequeños (0,22 a 0,45 μm de diámetro) que pueden retener los microorganismos¹⁶.

Este filtro se transfiere después a una placa de Petri que contiene el medio de cultivo adecuado, donde las colonias surgen de las bacterias presentes en la superficie del filtro. Las colonias formadas por estas bacterias son características cuando se utiliza un medio nutritivo diferencial¹⁵.

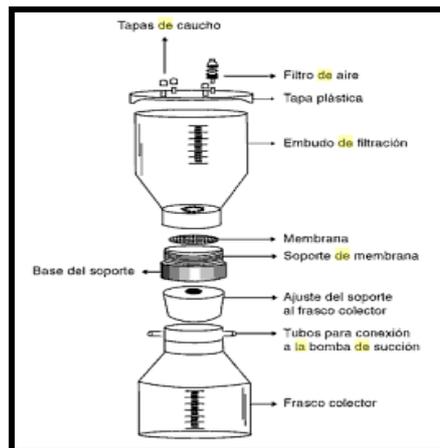


Figura N.º 09. Filtración por membrana para análisis del agua.

Fuente: Fundamentos de limnología neotropical, 2008.

E.2. Recuento en placa

El método de recuento en placa se basa en que cada bacteria crece y se divide para producir una sola colonia. Cuando se realiza el recuento en placa es importante que crezca solo un número limitado de colonias en la placa. Por otro lado, cuando hay demasiadas colonias, algunas células se encuentran apiñadas y no pueden desarrollarse, siendo causa de inexactitudes en el recuento. Es por ello que se realizan diluciones seriadas para expresar los resultados como unidades formadoras de colonias (UFC)¹⁵.

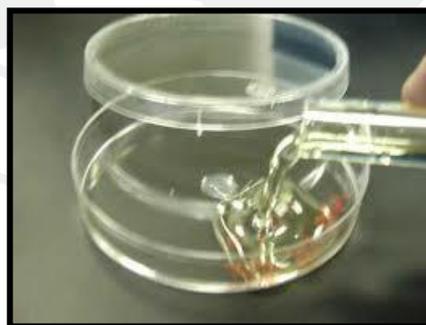


Figura N.º 10. Recuento en placa para análisis del agua.

Fuente: Recuento de microorganismos, 2008.

F. Determinación del cloro libre

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad adecuada, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro la salud de las personas²².

Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; esto se llama cloro libre o residual. El cloro libre permanece en el agua hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación^{22,23}.

Es por ello que, si se analiza el agua potable y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados de ella y, por lo tanto, es seguro consumirla. A este procedimiento se le conoce como medición del cloro libre o residual²³.

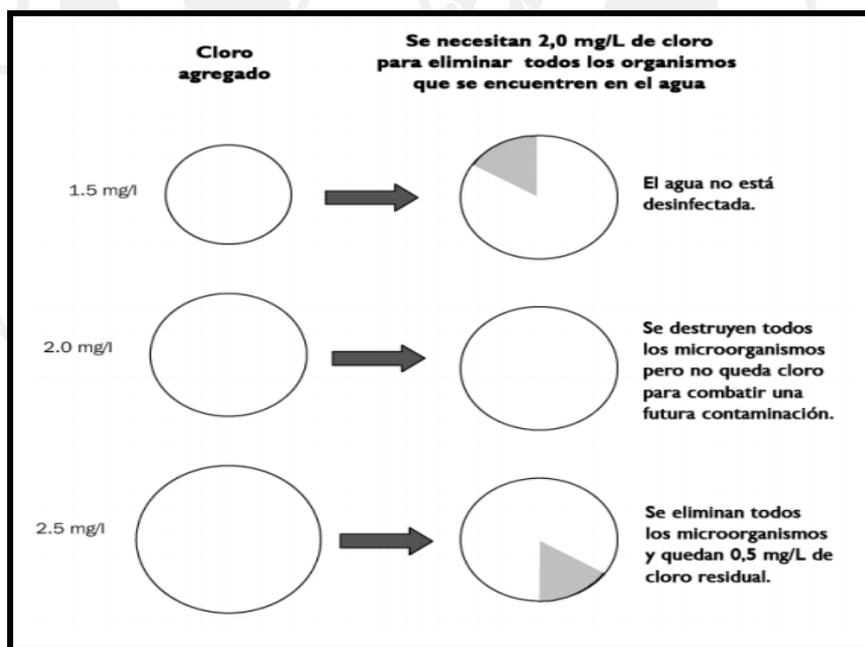


Figura N.º 11. Efecto del cloro libre o residual.

Fuente: Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud, 2009.

Los métodos más sensibles para determinar la presencia del cloro en el agua potable son colorimétricos. Para el caso del cloro libre se emplea el método DPD (N,N-dietil-p-fenilendiamina)²³.

Este método fue usado en la investigación para confirmar que el agua utilizada en las unidades dentales para los procedimientos odontológicos es potable.

La determinación del cloro libre se basa en que este reacciona con el reactivo DPD para producir un complejo de color rosa. Esto se debe a que el DPD oxida el cloro, cuya intensidad es directamente proporcional a la concentración de cloro presente en el agua^{22,23}.

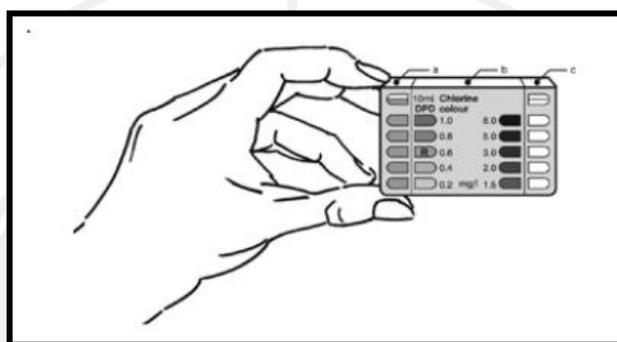


Figura N.º 12. Medición del cloro libre o residual.

Fuente: Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud, 2009.

G. Medios de cultivo

Un medio de cultivo es un sustrato o solución de nutrientes en el que crecen y se multiplican los microorganismos en el laboratorio. El objetivo es aislar diferentes especies bacterianas, luego proceder a su identificación y llevar a cabo una serie de estudios complementarios²⁴.

Para promover el desarrollo microbiano, los medios de cultivo deben reunir ciertos requisitos²⁵:

- Contener nutrientes adecuados.
- Poseer humedad suficiente.
- Tener un pH ajustado.
- Estar estéril inicialmente.

G.1. Clasificación

Los medios de cultivo pueden clasificarse según diferentes criterios²⁵:



Cuadro N.º 01. Clasificación de los medios de cultivo.

Fuente: Microbiología básica para el área de la salud y afines, 2008.

G.1.1. Por su estado físico

- Líquidos

Comúnmente llamados “caldos”, están constituidos por nutrientes en solución acuosa. Utilizados para el mantenimiento de los microorganismos²⁵.

- Sólidos

Llamados comúnmente “agar”, se obtienen añadiendo a un medio de cultivo líquido una sustancia gelificante como el agar al 1,5-2 %. Son utilizados para aislar e individualizar los distintos tipos de microorganismos presentes en una muestra^{24,25}.

- Semisólidos

Son medios de cultivo líquidos con el agregado de agar al 0,3-0,5 %. Son utilizados para determinar la motilidad de los gérmenes²⁵.

G.1.2. Por su origen

- Medios naturales

Se obtienen a partir de sustancias naturales animales o vegetales. Su composición no es rigurosamente constante²⁵.

- Medios sintéticos

Sus componentes están químicamente definidos y contienen nutrientes que permiten el desarrollo de la mayoría de los microorganismos no exigentes²⁵.

- Medios semisintéticos o complejos

Se obtienen cuando a los medios sintéticos se les agregan factores de crecimiento (por ejemplo, extracto de levadura, de carne o de vegetales). Utilizados para el cultivo de la mayoría de los microorganismos heterótrofos²⁵.

G.1.3. Por su utilidad

- Medios generales o comunes

Contienen las sustancias nutritivas mínimas para el crecimiento de una gran variedad de microorganismos metabólicamente no exigentes²⁵.

- Medios enriquecidos

Favorecen el crecimiento de ciertos microorganismos exigentes de acuerdo a sus requerimientos nutritivos e inhiben parcialmente al resto de los gérmenes. Se añaden ciertos componentes como sangre, suero, huevo, glucosa, vitaminas, etc.^{24,25}.

- Medios selectivos

Permiten el crecimiento de determinado tipo de microorganismos, mientras que inhiben el desarrollo de la microbiota²⁵.

- Medios diferenciales

Permiten la diferenciación de colonias de microorganismos semejantes, sobre la base de alguna propiedad bioquímica del germen desarrollado. Además, se les adicionan sustancias para que solo crezcan determinadas bacterias y, al actuar sobre algunas de las sustancias adicionadas, permiten diferenciar sus colonias de otras de especies diferentes^{24,25}.

- Medio de transporte

Son medios que aseguran la viabilidad de los microorganismos desde el momento de la toma hasta su procesamiento en el laboratorio. Se trata de medios poco nutritivos, líquidos o semisólidos que no deben potenciar el crecimiento microbiano. Otros son reductores, para inhibir las reacciones enzimáticas autodestructivas dentro de las células y evitar los efectos letales de la oxidación^{24,25}.

G.2. Medios utilizados

Los medios que se utilizaron en los análisis de las muestras de agua fueron los siguientes:

G.2.1. Agar endo

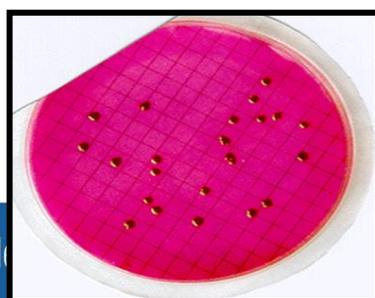
Es un medio ligeramente selectivo y diferencial para el aislamiento y la diferenciación de la familia *Enterobacteriaceae* y diversos bacilos Gram negativos. Su selectividad se debe a la combinación del sulfito de sodio con fucsina básica, lo cual ocasiona la inhibición de los microorganismos Gram positivos²⁴.

Fórmula en gramos por litro de agua destilada	
Peptona	10,0
Lactosa	10,0
Fosfato dipotásico	3,5
Fucsina básica	0,5
Sulfito sódico	2,5
Agar	15,0
pH final: 7,4 ± 0,2	

Cuadro N.º 02. Composición del agar endo.

Fuente: Medios de cultivo en microbiología, 2005.

Los coliformes fermentan la lactosa, produciendo colonias color rosa oscuro a rojizo con un brillo metálico verdoso iridiscente y una coloración similar en el medio. Las colonias de microorganismos que no fermentan la lactosa son incoloras o de color rosa pálido en contraste con el fondo rosa claro del medio²⁴.



**Fórmula en gramos por litro de agua
destilada**

Figura N.º 13. Agar endo-coliformes totales.

Fuente: Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua, 2006.

G.2.2. Agar base para coliformes fecales (m-FC)

Es un medio selectivo de bacterias coliformes fecales. Contiene agentes selectivos y diferenciales. La triptosa y la proteasa peptona proporcionan nitrógeno, carbono y minerales. El ácido rosólico inhibe el crecimiento de bacterias en general, excepto para coliformes termotolerantes²⁵.

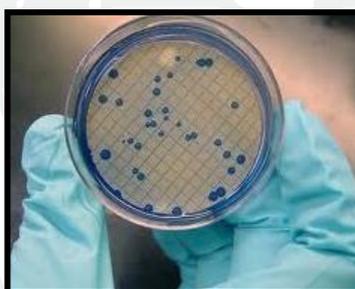


Figura N.º 14. Coliformes termotolerantes.

Fuente: Science for a changing world, 2007.

Las sales biliares inhiben las bacterias no entéricas. El extracto de levadura es una fuente de vitaminas y oligoelementos. El cloruro de sodio mantiene el equilibrio osmótico. Por otro lado, el azul de anilina indica la capacidad de los coliformes termotolerantes de fermentar la lactosa a ácido que causa un cambio de pH en el medio²⁵.

La utilización de la lactosa (colonias de color azul) es la base para la identificación de coliformes termotolerantes^{25,26}.

Triptosa	10,0
Proteasa peptona N.º 3	5,0
Extracto de levadura	3,0
Cloruro de sodio	5,0
Lactosa	12,5
Sales biliares	1,5
Azul de anilina	0,1
Agar	15,0
pH final: 7,4 ± 0,2	

Cuadro N.º 03. Composición del agar m-FC.

Fuente: Standard methods for the examination of water and wastewater, 2012.

G.2.3. Agar *plate count*

Es un medio libre de sustancias inhibidoras e indicadores, para la determinación del número total de gérmenes en leche, productos lácteos y agua. La peptona de caseína proporciona aminoácidos y otras sustancias nitrogenadas complejas necesarias para apoyar el crecimiento bacteriano²⁷.

El extracto de levadura abastece principalmente las vitaminas del complejo B y la dextrosa es una fuente de energía²⁷.

Fórmula en gramos por litro de agua destilada	
Peptona de caseína	5,0
Extracto de levadura	2,5
Glucosa	14,0
Agar	1,0
pH final: 7,0 ± 0,1	

Cuadro N.º 04. Composición del agar *plate count*.

Fuente: Microbiología estomatológica, 2009.

G.2.4. Agar *cetrimide*

La fórmula de este medio está desarrollada para favorecer la selección de *Pseudomonas aeruginosa* y estimular la formación de pigmentos. La peptona sirve como fuente de nitrógeno, y el glicerol se utiliza como fuente de carbono y energía. La producción de pirocianina se estimula mediante el cloruro de magnesio y el sulfato potásico en el medio. La cetrimida es un detergente catiónico que actúa como agente inhibidor. Libera el nitrógeno y el fósforo de las células de casi toda la flora acompañante, aunque inhibe también algunas especies de *pseudomonas*²⁷.

Fórmula en gramos por litro de agua destilada	
Peptona de gelatina	20,0
Cloruro de magnesio	1,4
Sulfato de potasio	10,0
Cetrimida	0,3
Agar	13,6

Cuadro N° 05: Composición del agar *cetrimide*.

Fuente: Microbiología estomatológica, 2009.

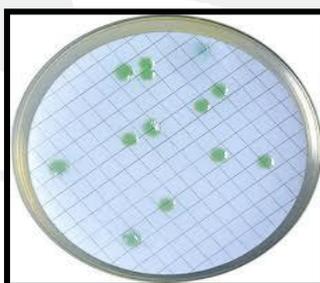


Figura N.º 15. *Pseudomonas aeruginosa*.

Fuente: Principles and Strategies of laboratory diagnosis, 2011.

G.2.5. Agar citrato de Simmons

En el medio de cultivo, el fosfato monoamónico es la única fuente de nitrógeno y el citrato de sodio es la única fuente de carbono. Ambos componentes son necesarios para el desarrollo bacteriano. Las sales de fosfato forman un sistema *buffer*, el magnesio es cofactor enzimático. El cloruro de sodio mantiene el balance osmótico, y el azul de bromotimol es el indicador de pH, que vira al color azul en medio alcalino²⁸.

Fórmula en gramos por litro de agua destilada	
Citrato de sodio	2,0
Cloruro de sodio	5,0
Fosfato dipotásico	1,0
Fosfato monoamónico	1,0
Sulfato de magnesio	0,2
Azul de bromotimol	0,08
Agar	15,0
pH final: 6.9 ± 0.2	

Cuadro N.º 06. Composición del agar citrato de Simmons.

Fuente: Bioquímica bacteriana Enterobacteriaceae, 2009.

El medio de cultivo es diferencial en base a que los microorganismos capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono, usan sales de amonio como única fuente de nitrógeno, con la consiguiente producción de alcalinidad. Por lo tanto, el medio de cultivo cambia de color de verde inicial a azul oscuro^{24,28}.

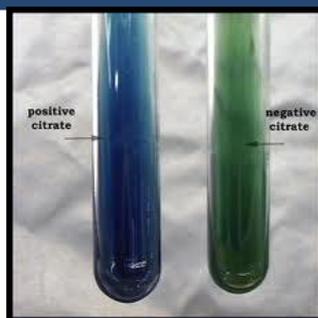


Figura N.º 16. Prueba bioquímica de *Escherichia coli*.
Fuente: Atlas de bacteriología, 2009.

G.2.6. Caldo peptonado

Es un agua peptonada que permite en forma específica, mediante la adición del reactivo de Kovacs, comprobar la producción de INDOL por parte de algunas bacterias²⁴.

Fórmula en gramos por litro de agua destilada	
Peptona	20,0
Cloruro sódico	5,0
pH final: 7,0 ± 0,1	

Cuadro N.º 07. Composición del caldo peptonado.
Fuente: Medios de cultivo en microbiología, 2005.

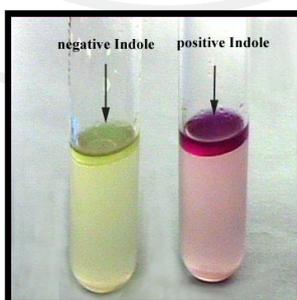
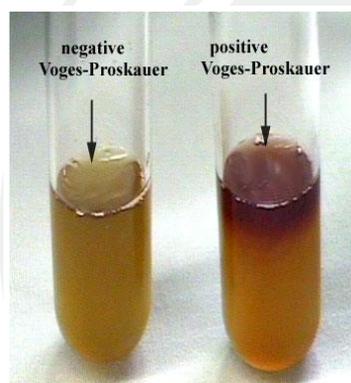


Figura N.º 17: Prueba bioquímica de *Escherichia coli*.
Fuente: Atlas de bacteriología, 2009.

G.2.7. Caldo rojo de metilo, Voges-Proskauer (MR-VP)

Es un medio utilizado para diferenciar las bacterias coliformes. La pluripeptona aporta los nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriano y la glucosa es el hidrato de carbono fermentable²⁷.

La prueba de Voges-Proskauer está relacionada con la prueba de rojo de metilo. Cuando al cultivo se le trata con KOH y se le deja en reposo, da lugar a una reacción colorimétrica. Esta reacción colorimétrica se debe a la presencia de carbinol de metilo acetil (3-hidroxi-2-butanona) a partir de la dextrosa²⁷.



Prueba Voges-Proskauer



Prueba rojo de metilo

Figura N.º 18. Prueba bioquímica de *Escherichia coli*.

Fuente: Atlas de bacteriología, 2009.

Los organismos coliformes degradan el azúcar y producen una alta acidificación que es constante, mientras que el grupo de aerogenes produce una reacción mucho menos ácida, y con una posterior incubación se hace alcalina. Esta diferencia en la acidificación puede ser reconocida por la adición del indicador rojo de metilo (presenta un color amarillo por encima de pH 5,1 y toma el color rojo por debajo de pH 4,4). A esta prueba se le conoce como la reacción rojo de metilo^{26,27}.

Fórmula en gramos por litro de agua destilada	
Pluripetona	7,0
Fosfato dipotásico	5,0
Dextrosa	5,0
pH final: 6,9 ± 0,2	

Cuadro N.º 08. Composición del caldo MR-VP.

Fuente: Microbiología estomatológica, 2009.

H. Unidad dental

Es la columna de la que salen los brazos que llevan acoplados la lámpara de luz halógena y la mesilla auxiliar. En ella se encuentran una serie de mangueras que engloban las conducciones eléctricas, de aire y de agua necesarias para el funcionamiento del instrumental rotatorio y la jeringa de aire-agua o jeringa triple. En función del modelo del sillón, puede llevar acoplados otros accesorios^{29,30}.



Figura N.º 19. Unidad dental.

Fuente: Técnicas de ayuda odontológica y estomatológica, 2010.

H.1. Partes de la unidad dental

H.1.1. Instrumental rotatorio

Las mangueras llevan acopladas las conexiones necesarias para permitir el ajuste del instrumental rotatorio (con acoplamiento de turbina), como turbina, contra-ángulo y pieza de mano (con acoplamiento de micromotor), que se accionan mediante un reóstato de pedal que controla la presión de la salida de agua^{29,30}.



Figura N.º 20. Partes de la unidad dental.

Fuente: Técnicas de ayuda odontológica y estomatológica, 2010.

H.1.2. Jeringa triple

Esta jeringa permite la emisión de agua y/o aire para facilitar el aclarado de la zona de intervención y la visibilidad. Sobre ella se encuentran los botones de accionamiento, uno para el agua y el otro para el aire. Al mantener los dos pulsados, se consigue agua en forma de spray a presión. Existen distintos modelos, unos de acero inoxidable y otros de PVC; algunos permiten desenroscar la parte activa, y bien es esterilizada entre paciente y paciente o utiliza puntas desechables. En aquellas que no es posible desmontar, se aconseja recubrirlas con un film aislante, para evitar que la contaminación se deposite directamente sobre la jeringa^{29,30}.



Figura N.º 21. Partes de la jeringa triple.

Fuente: Tecnidental, 2008.

H.1.3. Lámpara de luz halógena

Esta lámpara está diseñada para proporcionar una luz intensa del campo operatorio. Proporciona una gran intensidad de luz en un área relativamente pequeña. Normalmente se encuentra incorporada al sillón³⁰.

I. Bioseguridad en la clínica odontológica

El uso adecuado de los elementos de bioseguridad es fundamental en la práctica odontológica, ya que son la barrera principal para reducir el riesgo de transmisión de enfermedades infectocontagiosas.



Estos dispositivos de protección tienen el objetivo de impedir contaminación con microorganismos eliminados por los enfermos, y, en otros casos, que microorganismos del personal sanitario sean transmitidos a los pacientes³¹.

Los medios más frecuentes por los cuales se producen las infecciones cruzadas son los siguientes³²:

- El agua

Mediante los aerosoles y otras sustancias expelidas por las turbinas, micromotores y aparatos para la profilaxia, los que pueden diseminar grandes cantidades de microorganismos de la boca del paciente hacia todos los ambientes del consultorio³².

- Contacto con los equipos

El contacto directo de la mano del profesional con los equipos, instrumentos y materiales contaminados con saliva o sangre del paciente. Existen procedimientos básicos para evitar la contaminación, por ello todos los equipos, instrumental y materiales deberán mantenerse siempre debidamente protegidos, conservando su esterilización y asepsia. El profesional de la salud deberá ser higiénicamente impecable³².

I.1. Métodos de barrera

Se utilizará los siguientes métodos de barrera:

o Guantes

Evitan o disminuyen el riesgo de contaminación del paciente (como la transmisión de gérmenes) con los microorganismos de la piel del operador³¹.

- **Mascarillas**

Se deberá usar las mascarillas para cualquier tipo de procedimiento que se realice, ya que con el adecuado uso de ellas se protegerán las mucosas de la nariz y de la boca contra los microorganismos que se expelen durante la producción de aerosoles³¹.

- **Protector de ojos**

Los protectores oculares sirven para la adecuada protección de la conjuntiva ocular y el ojo de la contaminación por aerosoles, salpicaduras de sangre y saliva, además de las partículas generadas durante la atención odontológica³¹.

- **Mandil**

El mandil protege la piel de brazos y cuello de salpicaduras de sangre, saliva, aerosoles y partículas generadas durante el trabajo odontológico. Es indispensable su uso, ya que también protege al paciente de gérmenes que el profesional puede traer en su vestimenta cotidiana³¹.

J. **Biofilm**

El *biofilm* o biopelícula se puede definir como una estructura asociativa de una o varias estirpes bacterianas, embebidas en una matriz extracelular de polisacáridos autoproducida y que se encuentra adherida a una superficie o sustrato. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el *biofilm* se puede definir también como un ecosistema bacteriano proliferante y enzimáticamente activo. Los *biofilms* se unen a superficies inertes, tanto biológicas como sintéticas^{33,34}.

J.1. Morfología

Las formas de *biofilm* se han descrito muy variadas, desde pequeñas formaciones hasta cadenas de *biofilm*, pero la formación más característica encontrada es la de *biofilm* en forma de champiñón (mushroom-shape)³⁵.

Estas colonias se observan al microscopio como estructuras unitarias, separadas de otras por canales de agua, todo dentro de la matriz de polisacárido. Algunos autores piensan que estos canales permiten la distribución de los nutrientes y la eliminación de los residuos de las colonias, así como la atenuación de los agentes biocidas externos³⁵.

J.2. Formación del *biofilm*

Las biopelículas pueden contener microorganismos aerobios y anaerobios formando diferentes microambientes, en función de su accesibilidad al sustrato y al oxígeno³⁵.

Se inicia cuando los microorganismos, al entrar en el sistema de distribución, quedan atrapados en zonas donde el agua corre a bajas velocidades, donde existen depósitos de minerales o sedimentos. Algunos de estos microorganismos se adhieren por fuerzas de Van der Waals, mientras que otros poseen apéndices extracelulares que lo fijan a los sustratos mencionados³⁶.

Estos apéndices segregan una sustancia gelatinosa que va a formar una capa o matriz, amorfa, porosa o cristalina que sirve de sostén y protección a las comunidades de microorganismos. El crecimiento es lento al principio, dado que los organismos deben adaptarse al hábitat específico. Con el tiempo estas microcolonias atraen a otros microorganismos que se nutren de los materiales que excretan los organismos pioneros³⁶.

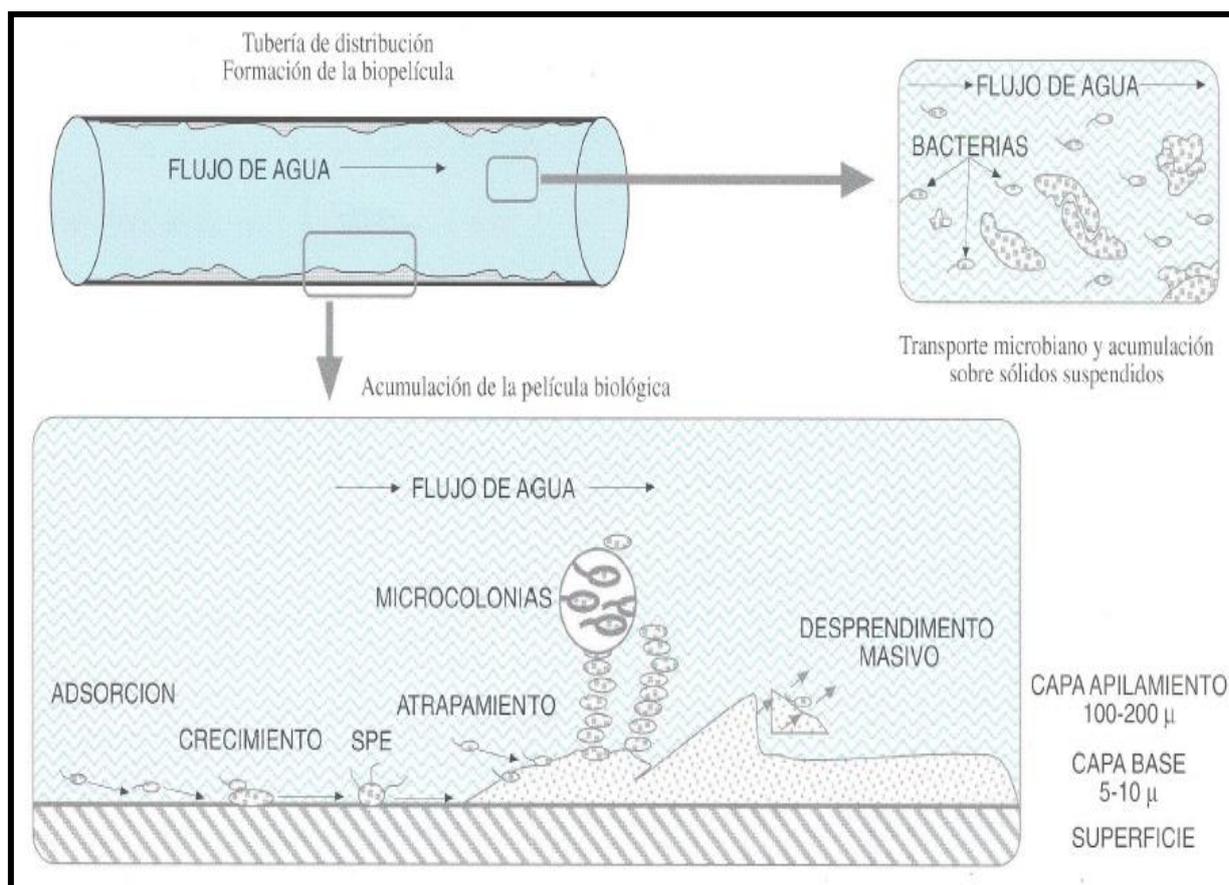


Figura N.º 23. Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable.

Fuente: Juliana Knobelsdorf, 2007.

Etapas de formación

En primer lugar, existe un acondicionamiento de la superficie de la tubería por adsorción de materia orgánica en las paredes, ayudado por el transporte de células microbianas desde la masa de agua circulante. Parte de las células que llegan a la superficie del tubo se adhieren irreversiblemente y otras vuelven al flujo de agua. Las células que han conseguido mantenerse adheridas a la superficie crecen a expensas del sustrato contenido en el agua, aumentando así el número de microorganismos integrantes de la biopelícula. Además, estas células excretan sustancias poliméricas (SPE) que pasan a formar parte de la película biológica, aumentando su tamaño^{36,37}.

Una vez formada una capa base de biopelícula, esta se convierte en un lecho viscoso que permite el atrapamiento de células y nutrientes, formando en

ocasiones una superposición de microcolonias entre las que puede circular agua. Por último, la biopelícula experimenta un desprendimiento parcial de su masa por efecto del movimiento del fluido y de la acción mecánica de otras partículas que chocan contra ella, pudiendo llegar a producirse desprendimientos masivos de capas por pérdida de cohesión o adherencia^{36,37}.

Durante la formación de la biopelícula, las condiciones hidrodinámicas del flujo regulan el transporte de microorganismos desde la masa de agua hacia la superficie. El fenómeno de transporte de materia (nutrientes, oxígeno y desinfectante) en la biopelícula está limitado por la transferencia y difusión hacia el interior de la misma, así como por el consumo celular de oxígeno y de nutrientes. Las concentraciones de nutrientes, de oxígeno y de desinfectante disminuyen desde la zona de libre circulación del agua hacia el interior de la biopelícula³⁷.

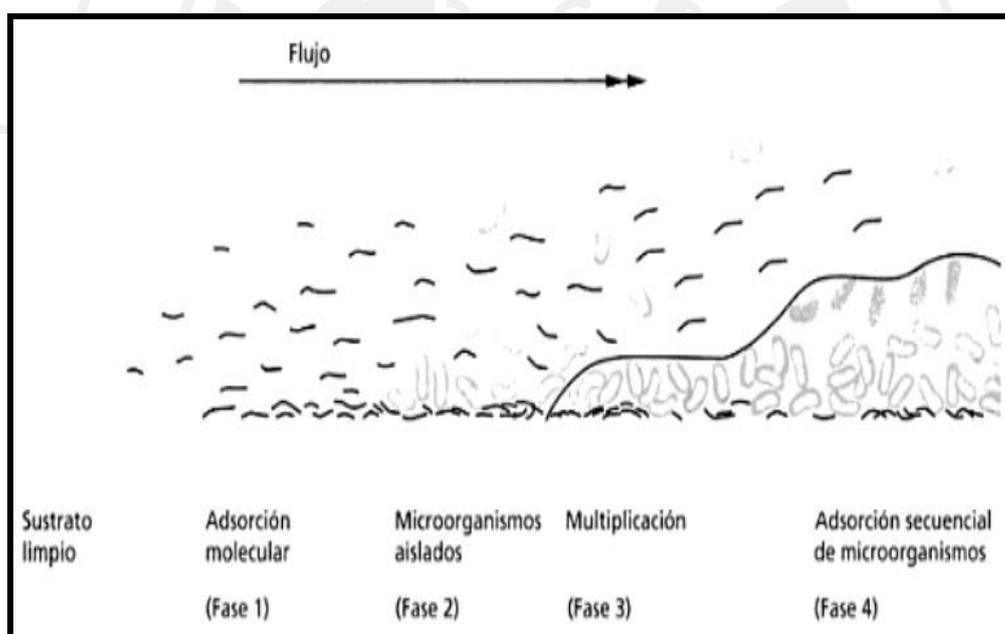


Figura N.º 24. Etapas de formación del *biofilm*.

Fuente: Periodontología clínica e implantología odontológica.

K. Desinfección de conductos del agua

El pequeño diámetro de los conductos de la unidad dental representa un medio ideal para que se forme una capa de *biofilm*, compuesta por los microorganismos procedentes de la boca de los pacientes y del sistema de aguas públicas³⁸.

Organismos como la OMS y la Asociación Dental Americana (ADA) pretenden que en el agua del equipo no se superen las 200 ufc/ml en el caso de los tratamientos no quirúrgicos, para garantizar la calidad de la misma³¹.

Para lograrlo, se proponen estrategias de prevención, como son las de cambiar periódicamente las válvulas antirreflujo, tanto del material rotatorio como de la jeringa de aire-agua; emplear reservorios de agua destilada independientes a la del sistema público; la desinfección química de los filtros y conductos del equipo; y, además, purgar y drenar el aire del compresor diariamente³⁹.

Además, desechar el agua que sale de la manguera de alta rotación, durante dos minutos cada mañana. También es necesario realizar lo mismo entre pacientes, durante 30 segundos. Existen otros procedimientos para la desinfección de estas pequeñas conducciones, mediante procedimientos químicos³⁹:

- Descontaminación discontinua

Se efectúa generalmente con un producto a base de glutaraldehído al 2 %.

- Descontaminación continua

El agua que entra en el equipo es sistemáticamente tratada mediante un producto no agresivo para los tejidos bucales. Para este tipo de descontaminación se usa el cloruro de benzalconio o bien EDTA.

K.1. Desinfección química

Los desinfectantes se clasifican según la gama de actividad bacteriostática o bactericida que sea necesaria. Algunos agentes destruyen de forma eficaz los microorganismos, otros tienen solo la capacidad para suprimir su crecimiento y multiplicación. Los desinfectantes químicos se pueden clasificar como desinfectantes de nivel alto, intermedio o bajo; según su eficacia frente a los microorganismos patógenos⁴⁰:

- Nivel alto

Glutaraldehído al 2 % y glutaraldehído al 2 % fenato.

- Nivel intermedio

Compuestos de yodo, hipoclorito sódico, compuestos fenólicos.

- Nivel bajo

Compuestos de amonio cuaternario.

K.1.1. Compuestos de cloro

- **Ventajas:** acción rápida. Efectivos contra una amplia variedad de microorganismos. Económico. Recomendado para superficies duras⁴⁰.

- **Inconvenientes:** inestable. Requiere preparar la solución diariamente. Eficacia reducida por presencia de material orgánico o pH alterado. Olor desagradable. Puede corroer metales. Irrita piel y ojos. Puede lesionar materiales de plástico⁴⁰.

K.1.2. Compuestos de yodo

- **Ventajas:** desinfectante de superficie aceptado por la Environmental Protection Agency (EPA). Eficacia sobre amplio espectro. Económico. Pocos efectos colaterales físicos. Tiempo de contacto de 3 a 30 minutos requeridos para una desinfección efectiva⁴⁰.

- **Inconvenientes:** no es clasificable como sustancia para esterilización. Inestable con el tiempo a altas temperaturas. Puede teñir superficies claras después de un empleo prolongado. Corroe algunos metales. La solución debe prepararse cada día⁴⁰.

K.1.3. Compuestos fenólicos

- **Ventajas:** activo en presencia de detergentes. Eficacia de amplio espectro. Uso primario en suelos y paredes⁴⁰.

- **Inconvenientes:** no recomendable para desinfección de superficies críticas. No es esporicida. Actividad viricida irregular. Ineficaz contra virus hidrófilos. Es inactivado por materias orgánicas. Puede lesionar plásticos y vinilo. Potencialmente irritante para manos⁴⁰.

K.1.4. Glutaraldehído

- **Ventajas:** empleo primario para inmersión en calor y/o instrumentos sensibles a la presión que requieren un nivel elevado de desinfección o esterilización⁴⁰.

- **Inconvenientes:** irritante para la piel, membranas mucosas y ojos (se recomienda el uso de guantes y lentes). El olor y el vapor pueden ser ofensivos. Utilizar en habitaciones ventiladas, durante la noche⁴⁰.

K.1.5. Cloruro de benzalconio

Actúa disminuyendo la tensión superficial e incrementando la permeabilidad de la membrana de la célula bacteriana de compuestos fosforados y de otras sustancias. La presencia de sangre, suero, saliva o pus reduce su acción antimicrobiana⁴⁰.

L. Parámetros de control obligatorio del agua potable según el Minsa

Según el Minsa, en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, título IX: Requisitos de calidad del agua para consumo humano, artículo 60.º: Parámetros microbiológicos y otros organismos”, se indica que⁴¹

Toda agua destinada para el consumo humano, debe encontrarse exenta de⁴¹

- bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*;
- virus;
- huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
- organismo de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nematodos en todos sus estadios evolutivos.
- Para el caso de bacterias heterotróficas, menos de 500 ufc/ml a 35 °C.

Si bien la lista es extensa para cada uno de los grupos de parámetros que se mencionan, es importante tomar en cuenta que algunos de estos son parte de los controles obligatorios. En los Parámetros de Control Obligatorio se menciona lo siguiente⁴²:

- Bacterias coliformes totales.
- Bacterias coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*).
- Color.
- Turbiedad.
- Residual de desinfectante.
- pH.

L.1. Límites máximos permisibles de parámetros bacteriológicos⁴¹

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Bacterias coliformes totales	ufc/100 mL a 35 °C	0
2. Bacterias coliformes termotolerantes	ufc/100 mL a 44,5 °C	0
3. <i>Escherichia coli</i>	ufc/100 mL a 44,5 °C	0
4. Bacterias heterotróficas	ufc/100 mL a 35 °C	500
5. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ufc/100 mL a 35- 37 °C	0

Cuadro N.º 09. Límites máximos permisibles de parámetros bacteriológicos.

Fuente: Minsa, Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, 2011.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo observacional, descriptivo, prospectivo y transversal.

3.2. Lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Tarma (Junín). Se utilizó el laboratorio de análisis clínico del hospital Félix Mayorca Soto y el laboratorio de microbiología de la carrera técnica de Farmacia del Instituto Santa Lucía.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

- **Población y muestra**

Las muestras fueron el total de la población, por ello se tomaron 25 muestras de agua de la jeringa triple y 5 muestras de la fuente de abastecimiento de las unidades dentales de las clínicas odontológicas que tienen atención permanentemente en la ciudad de Tarma (Junín), en el período de octubre 2012-febrero 2013.

- **Unidad de análisis**

Muestras de agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple de las unidades dentales de las clínicas odontológicas.

3.4. Diseño del estudio

De las 30 muestras de agua potable procedentes de las unidades dentales de todas las clínicas odontológicas con atención permanente, 25 son de la jeringa triple y 5 de la fuente de abastecimiento. Los análisis de las muestras de agua potable se realizaron basados en el Standard Methods (AWWA,

APHA, WEF)²⁴, en donde se describen los procedimientos para realizar los exámenes bacteriológicos de las muestras de agua para determinar la calidad sanitaria de la misma.

La esterilización de los materiales de vidrio, preparación y esterilización de medios de cultivo que se utilizaron se llevaron a cabo en el hospital Félix Mayorca Soto. Los análisis de las muestras de agua potable se llevaron a cabo en el laboratorio de la carrera técnica de Farmacia del Instituto Santa Lucía de la ciudad de Tarma (Junín). En todo momento se contó con la ayuda de profesional especializado en el área de Laboratorio Clínico.

Se desarrollaron los análisis de las muestras de agua potable, a través del método de filtración por membrana. Primero se midió en una probeta de 100 mL de la muestra de agua y se filtró, a través de una membrana filtrante de 0,45 μ , la que se procedió a colocar en los medios correspondientes: coliformes totales-agar endo, coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*)-agar mFC, bacterias heterotróficas-agar *plate count* y *Pseudomonas aeruginosa*-agar *cetrimide* (véase anexo 04).

Después de la incubación se observaron las colonias características de cada medio de cultivo utilizado.

3.5. Procedimiento

3.5.1. Preparación de medios de cultivo²⁶

- Primero se pesó, hidrató y midió el pH correspondiente de los medios de cultivo que se utilizaron (véase anexo 02).
- Luego se esterilizó a 121 °C a 15 lb de presión durante 15 minutos en la autoclave.
- Cuando el medio de cultivo se encontró a 45 °C, se distribuyó en placas Petri y se esperó a que se solidifiquen.

3.5.2. Preparación de materiales de vidrio²⁶

- Se lavaron y secaron los materiales de vidrio a utilizar.

- Después se envolvieron en papel Kraft, se colocaron en el horno y se procedió a esterilizar el material a 180 °C durante 1 hora.

3.5.3. Muestreo del agua

Se recolectaron 30 muestras de agua potable en frascos estériles de las unidades dentales de las clínicas odontológicas de la ciudad de Tarma (Junín): 25 de la jeringa triple y 5 de la fuente de abastecimiento.

El muestreo se realizó en 5 días, recolectando 6 muestras de agua de las unidades dentales por día; 5 de la jeringa triple y 1 de la fuente de abastecimiento. Se realizó de la siguiente manera (véase anexo 01):

A. Recolección del agua de la fuente de abastecimiento²⁶:

- Primero se desinfectó la salida del agua con alcohol 70 % y se limpió con algodón.
- Luego se dejó correr el agua durante dos minutos y se procedió a muestrear el agua de la unidad dental.

B. Recolección del agua de la jeringa triple²⁴:

- Para la recolección del agua de la jeringa triple, se dejó correr el agua durante 2 minutos y luego se realizó el muestreo correspondiente.

3.6. Obtención de información

3.6.1. Procesamiento de las muestras

Después del muestreo del agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple de las unidades dentales, se analizaron por el método de filtración por membrana, basados en los parámetros obligatorios del Minsa (véase anexo 05).

Previamente a los análisis bacteriológicos realizados, se comprobó que las muestras de agua eran de agua potable con el reactivo de

DPD (N,N-dietil-p-fenilendiamina). Se determinó que el agua potable tenía 0,6 ppm de cloro residual; para neutralizarlo se utilizó el reactivo de tiosulfato de sodio 10 %. Luego se procedió de la siguiente manera (véase anexo 04):

A. Determinación de bacterias coliformes totales

Con ayuda de una probeta se midieron 100 mL de la muestra de agua de la fuente de abastecimiento, luego se filtró el agua a través de la membrana filtrante de 0,45 μ , la que fue colocada en el agar endo²⁶.

Se procedió a incubar las muestras a $35\pm 0,5$ °C durante 20-22 horas, esperando observar colonias de color rojo²⁶.

Para el estudio de las muestras de agua de la jeringa triple, se realizó el procedimiento antes mencionado.

B. Determinación de coliformes termotolerantes-(*Escherichia coli*)

Con ayuda de una probeta, se midieron 100 mL de la muestra de agua de la fuente de abastecimiento, luego se filtró el agua a través de la membrana filtrante de 0,45 μ , la que fue colocada en el agar m-FC²⁴.

Se procedió a incubar las muestras a $44,5\pm 0,2$ °C durante 24 horas, esperando observar colonias de color azul²⁶.

A las colonias que presentaron estas características, se les realizó la prueba de IMVIC, para determinar la presencia de *Escherichia coli* en la muestra de agua²⁶.

B.1. Prueba de IMVIC²⁶

Las colonias características del agar m-FC, cultivadas en el agar EMB, a las colonias características realizar lo siguiente²⁴:

- Prueba del indol

Se inoculó en 5 mL del caldo triptonado, se procedió a incubar a $35\pm 0,5$ °C por 24 ± 2 horas, luego se adicionó 0,2 mL del reactivo de Kovacs. Si se observaba un anillo de color rojo, la reacción sería positiva.

- **Prueba de rojo de metilo**

Se inoculó en el caldo MR-VP, se procedió a incubar a $35\pm 0,5$ °C por 48 horas, luego se adicionaron 5 gotas de la solución de rojo de metilo. Si se observaba el viraje de color amarillo a rojo, la reacción sería positiva.

- **Voges Proskauer**

Se inoculó en 5 mL de caldo MR-VP, se procedió a incubar a $35\pm 0,5$ °C por 48 horas, luego se adicionó el 0,6 mL de reactivo de alfa naftol 5 % y 0,2 mL KOH 40 %. Si se observaba el cambio de color a rojo, la reacción sería positiva.

- **Prueba de citrato de Simmons**

Se cogió una colonia y se colocó en el agar citrato de Simmons. Se procedió a incubar a $35\pm 0,5$ °C por 48 horas. Si se observaba el viraje de color verde a azul, la reacción sería positiva.

Para el estudio de las muestras de agua de la jeringa triple, se realizó el procedimiento antes mencionado.

C. **Determinación de bacterias heterotróficas**

Con ayuda de una probeta se midieron 100 mL de la muestra de agua de la fuente de abastecimiento, luego se filtró el agua a través de la membrana filtrante de $0,45 \mu$, la que fue colocada en el agar *plate count*²⁶.

Se procedió a incubar las muestras a 35 °C durante 48 horas, esperando observar colonias de color amarillo²⁶.

Para el estudio de las muestras de agua de la jeringa triple, se realizó el procedimiento antes mencionado.

D. Determinación de *Pseudomonas aeruginosa*

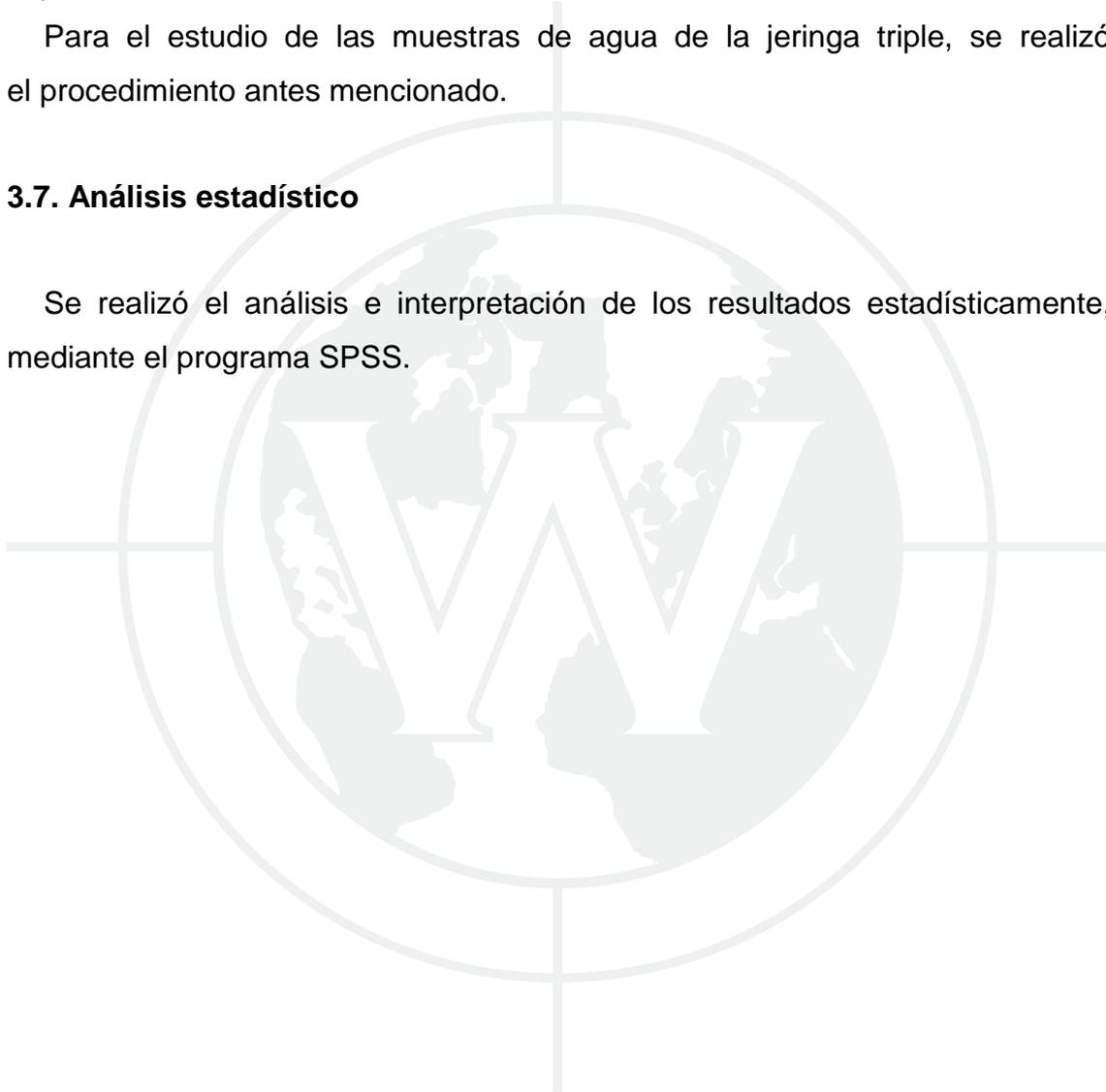
Con ayuda de una probeta se midieron 100 mL de la muestra de agua de la fuente de abastecimiento, luego se filtró el agua a través de la membrana filtrante de 0,45 μ , la que fue colocada en el agar *cetrimide*²⁶.

Se procedió a incubar las muestras de 35 a 37 °C durante 24 a 48 horas, esperando observar colonias de color verde, con fluorescencia²⁶.

Para el estudio de las muestras de agua de la jeringa triple, se realizó el procedimiento antes mencionado.

3.7. Análisis estadístico

Se realizó el análisis e interpretación de los resultados estadísticamente, mediante el programa SPSS.



IV. RESULTADOS

4.1. Agua de la fuente de abastecimiento

Tabla N.º 01. Coliformes totales, coliformes termotolerantes, bacterias heterotróficas, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* en el agua de abastecimiento de 5 muestras examinadas

Parámetro Consultorio Odontológico (CO)	Coliformes totales*	Coliformes termotolerantes*	Bacterias heterotróficas**	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> *	<i>Escherichia coli</i> *
	ufc/100mL				
CO - 1	<1	<1	131	<1	<1
CO - 2	<1	<1	85	<1	<1
CO - 3	<1	<1	76	<1	<1
CO - 4	<1	<1	215	<1	<1
CO - 5	<1	<1	208	<1	<1

Según Minsa⁴¹ (Reglamento de la calidad del agua para consumo humano-2011):

* Coliformes totales y coliformes termotolerantes, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*: < 1 ufc/100 mL.

** Bacterias heterotróficas: <500 ufc/100 mL.

En la tabla N.º 01, los recuentos de las muestras examinadas de agua potable de la fuente de abastecimiento se encuentran dentro de las especificaciones establecidas por el Minsa; ya que para bacterias coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* es < 1 ufc/100 mL; para bacterias heterotróficas, <500 ufc/100 mL; y debe haber ausencia de *Pseudomonas aeruginosa*.

Tabla N.º 02. Estadísticas de los parámetros bacteriológicos considerados en el estudio

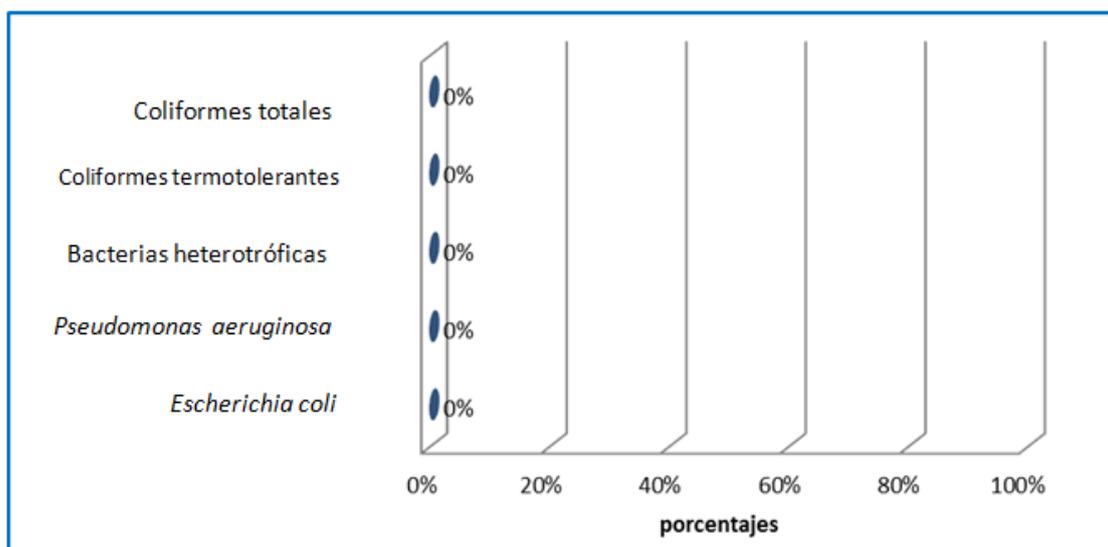
Parámetros	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	Bacterias heterotróficas	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Escherichia coli</i>
	ufc/100mL				
N	5	5	5	5	5
Mínimo	<1	<1	76	<1	<1
Máximo	<1	<1	215	<1	<1
Media	<1	<1	143	<1	<1
Desviación típica	<1	<1	66	<1	<1

En la tabla N.º 02, los análisis de las 5 muestras de agua de la fuente de abastecimiento no presentaron presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. En el caso de las bacterias heterotróficas, se observó un valor mínimo de 76 ufc/100 mL y un valor máximo de 215 ufc/100 mL, con una media aritmética de 143 ufc/100 mL.

Tabla N.º 03. Parámetros bacteriológicos observados en las muestras de agua de las fuentes de abastecimiento examinadas en el estudio

N.º	Parámetros	Número de casos	Porcentaje (%)
1	Coliformes totales	0	0 %
2	Coliformes termotolerantes	0	0 %
3	Bacterias heterotróficas	0	0 %
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0 %
5	<i>Escherichia coli</i>	0	0 %

Gráfico N.º 01. Valores porcentuales de parámetros analizados en el estudio



En la tabla N.º 03 y gráfico N.º 01 se puede observar que ninguno de los parámetros analizados supera el valor máximo permitido por el Minsa.

4.2. Agua de la jeringa triple

Tabla N.º 04. Coliformes totales, coliformes termotolerantes, bacterias heterotróficas, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* en el agua de la jeringa triple de 25 muestras examinadas

Parámetro Consultorio Odontológico (CO)	Coliformes totales*	Coliformes termotolerantes*	Bacterias heterotróficas**	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> *	<i>Escherichia coli</i> *
	ufc/100mL				
CO -01	11	4	525	4	4
CO -02	<1	<1	118	<1	<1
CO -03	5	<1	225	<1	<1
CO -04	5	2	325	2	<1
CO -05	1	<1	263	<1	<1
CO -06	1	<1	218	<1	<1
CO -07	<1	<1	100	<1	<1
CO -08	4	1	241	<1	<1
CO -09	5	1	491	<1	<1
CO -10	8	<1	548	<1	<1
CO -11	3	<1	135	<1	<1
CO -12	5	<1	275	<1	<1
CO -13	6	<1	286	<1	<1
CO -14	4	<1	184	<1	<1
CO -15	7	<1	511	<1	<1
CO -16	1	3	155	3	3
CO -17	4	1	168	<1	<1
CO -18	<1	<1	126	<1	<1
CO -19	8	<1	567	<1	<1
CO -20	5	2	254	2	<1
CO -21	6	<1	268	<1	<1
CO -22	8	<1	656	<1	<1
CO -23	4	<1	182	<1	<1
CO -24	5	<1	229	<1	<1
CO -25	3	1	161	0	<1

Según Minsa⁴¹ (Reglamento de la calidad del agua para consumo humano-2011):

* Coliformes totales y coliformes termotolerantes, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*: < 1 ufc/100 mL.

** Bacterias heterotróficas: < 500 ufc/100 mL.

En la tabla N.º 04 se puede observar que solo tres consultorios odontológicos (CO-02, CO-07 y CO-18) cumplen con las especificaciones del Minsa.

Tabla N.º 05. Estadísticas de los parámetros bacteriológicos considerados en el estudio

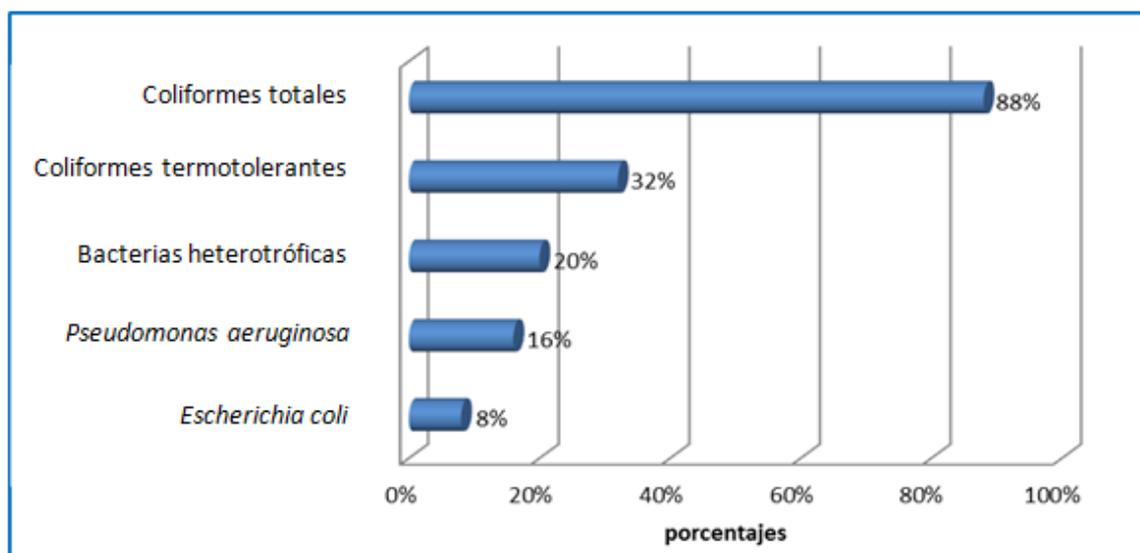
Parámetro	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	Bacterias heterotróficas	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Escherichia coli</i>
	ufc/100mL				
N	25	25	25	25	25
Mínimo	0	0	100	0	0
Máximo	11	4	656	4	4
Media	4.36	0.60	288.44	0.44	0.28
Desviación típica	2.84	1.08	162.07	1.08	0.98

En la tabla N.º 05, al analizar las 25 muestras de agua potable de la jeringa triple, se puede observar que los recuentos de los parámetros tienen en promedio para coliformes totales un 4,36 ufc/100 mL; para coliformes termotolerantes, 0,60 ufc/100 mL; para bacterias heterotróficas, 288,44 ufc/100 mL; para *Pseudomonas aeruginosa*, 0,44 ufc/100 mL; y para *Escherichia coli*, 0,28 ufc/100 mL.

Tabla N.º 06. Parámetros bacteriológicos observados en las muestras de agua de las fuentes de abastecimiento examinadas en el estudio

N.º	Parámetros	Número de casos	Porcentaje (%)
1	Coliformes totales	22	88 %
2	Coliformes termotolerantes	8	32 %
3	Bacterias heterotróficas	5	20 %
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4	16 %
5	<i>Escherichia coli</i>	2	8 %

Gráfico N.º 02. Valores porcentuales de parámetros analizados en el estudio



El valor más alto se observó en las bacterias coliformes totales. Este valor superó los límites permitidos en el 88 % de los consultorios odontológicos, en 4 hay presencia de *Pseudomonas aeruginosa* (16 %), mientras que el parámetro de menor frecuencia fue *Escherichia coli* (8 %).

V. DISCUSIÓN

Se reportó, hace más de treinta años, que el diseño de las unidades dentales favorece la colonización bacteriana, ya que las bacterias que llegan a través del agua a la unidad dental se adhieren a la superficie interna de las mangueras de la jeringa triple y piezas de mano y se multiplican para formar una capa gelatinosa llamada biopelícula⁴³.

Los microorganismos presentes en el depósito de agua dentro de los conductos son liberados (muchos de ellos) al momento de operar la unidad dental, entran en contacto con los tejidos orales del paciente, además de dispersarse por toda la unidad dental contaminando equipo, mobiliario y personal dental que ahí trabaja, siendo probable que el paciente adquiera diversas enfermedades⁴⁴.

Los resultados del estudio bacteriológico de las cinco muestras de agua de la fuente de abastecimiento nos indican la ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y < 500 ufc de bacterias heterotróficas. Mientras que para las 25 muestras de agua de la jeringa triple, se observó la presencia de coliformes totales en el 88 % de los consultorios odontológicos, coliformes termotolerantes en el 32 %, bacterias heterotróficas en el 20 %, *Pseudomonas aeruginosa* en 16 % y *Escherichia coli* en el 8 % (ver tabla N.º 06).

Fuentes⁴⁵ reportó un estudio de 20 muestras de agua potable en total, 10 de la fuente de abastecimiento y 10 de la jeringa triple. En relación al recuento de unidades formadoras de colonias de las bacterias de la fuente de abastecimiento, hay presencia de coliformes totales, bacterias heterotróficas, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*; mientras que, en el presente estudio, los resultados demuestran que se cumplen las especificaciones del Minsa. Con respecto al recuento de unidades formadoras de colonias de las bacterias del agua de la jeringa triple, la investigación evidencia que no se cumple con las especificaciones establecidas, ya que hay presencia de dichos parámetros microbiológicos.

Otro estudio realizado por **Díaz**⁴, que obtuvo 24 muestras de la fuente y 42 de la red de distribución, confirma que el agua de la jeringa triple no cumple con las especificaciones establecidas por el Minsa. Esto se debe

al recorrido del agua a través de las tuberías de la unidad dental, ya que las muestras de agua de la fuente de abastecimiento resultaron negativas para estos parámetros, resultados que son coincidentes con la presente investigación, ya que en el recuento de las bacterias del agua de abastecimiento no hay presencia de dichos parámetros microbiológicos, mientras que en el agua de la jeringa triple se observó la presencia de bacterias coliformes totales (88 %), coliformes fecales (32 %), bacterias heterotróficas (20 %), *Pseudomonas aeruginosa* (16 %) y *Escherichia coli* (8 %).

5.1. Conclusiones

Respecto de la calidad bacteriológica del agua de la fuente de abastecimiento y de la jeringa triple de las unidades dentales de las clínicas odontológicas en la ciudad de Tarma (Junín).

1. De las muestras examinadas de agua de la fuente de abastecimiento no se aislaron coliformes totales (0 %); sin embargo, en 22 muestras de agua de la jeringa triple (88 %), el número de coliformes totales superó el límite especificado, incumpliendo los parámetros establecidos por el Minsa.

2. De las muestras examinadas de agua de la fuente de abastecimiento no se aislaron coliformes termotolerantes (0 %); sin embargo, en 8 muestras de agua de la jeringa triple (32 %), el número de coliformes termotolerantes superó el límite permitido, incumpliendo los parámetros establecidos por el Minsa.

3. De las muestras examinadas de agua de la fuente de abastecimiento no se aisló *Escherichia coli* (0 %); sin embargo, en 2 muestras de agua de la jeringa triple (8 %) se determinó un número que superó el límite establecido, incumpliendo con los parámetros establecidos por el Minsa.

4. De las muestras examinadas de agua de la fuente de abastecimiento no se aislaron bacterias heterotróficas (0 %); sin embargo, en 5 de las muestras

de agua de la jeringa triple (20 %) se determinó un número que superó el límite permitido, incumpliendo los parámetros establecidos por el Minsa.

5. De las muestras examinadas de agua de la fuente de abastecimiento no se aisló *Pseudomonas aeruginosa* (0 %); sin embargo, en 4 de las muestras de agua de la jeringa triple se determinó su presencia (16 %), superando los límites permitidos e incumpliendo con los parámetros establecidos por el Minsa.

5.2. Recomendaciones

- Vigilar periódicamente los procesos de limpieza de los conductos de agua de la jeringa triple utilizada en los procedimientos dentales.
- Concientizar al equipo de salud dental a utilizar los métodos de barrera, para evitar la diseminación de enfermedades a los pacientes con un bajo sistema inmunológico; y cumplir con la Norma Técnica de Bioseguridad en Odontología, en el cual se dice que, al llenar los depósitos de la unidad, debe abrirse la llave de la fuente de abastecimiento y dejar que fluya el agua durante un minuto, lo cual hará que las bacterias que han llegado a depositarse en la desembocadura de los caños a través del aire sean eliminadas.
- Proponer la regulación y el control específico para la calidad del agua utilizada en las unidades dentales y realizar el monitoreo periódico de la red de distribución de estos sistemas, lo que permitirá establecer medidas correctivas pertinentes.
- Continuar con la investigación, realizando otros análisis que permitan evaluar la calidad del desinfectante usado en los conductos de la unidad dental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gonzales C. "Evaluación de la calidad microbiológica del agua en unidades dentales". *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. [Revista en Internet]. 2009; 47(03): 1-10. [Fecha de acceso: 2 de octubre de 2012]. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=223220068009>
2. Molina B, Castillo C, Velasco N, Gonzales S, Bonomie J, Dávila B. "Lo que debemos saber sobre control de infección en el consultorio dental". *Revista de Odontología Andes*. [Revista en Internet]. 2007; 2(01):64-70. [Fecha de acceso: 6 de octubre de 2012]; Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24824/1/articulo10.pdf>
3. Gonzales A, Robles V, Gonzáles V, Martínez P, Gonzales L, Gonzales G. "¿El agua de tu unidad dental es bacteriológicamente segura?" *Revista ADM*. [Revista en internet]. 2009; 65(01): 16-22. [Fecha de acceso: 10 de octubre de 2012]. Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2009/od091c.pdf>
4. Díaz Amanca E. *Condición bacteriológica del agua en la fuente y en la red de distribución de la clínica odontológica de la UCSM, Arequipa 2010*. [Tesis]. Arequipa, Perú: Universidad Católica Santa María; 2010.
5. Muñoz J, Hernández D, Moreno A. "Calidad bacteriológica del agua de una clínica odontológica rural de la facultad de odontología de la Universidad Autónoma de Zacatecas". *Revista ADM*. [Revista en internet]. 2002; 59(2): 51-59. [Fecha de acceso: 23 de octubre de 2012]. Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2002/od022c.pdf>
6. Marín Naranjo R. *Análisis microbiológico del agua que se utiliza en los servicios clínicos de la Facultad de Odontología de la universidad de Costa Rica*. [Tesis]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 2009.
7. Perú ecológico. *El agua y su importancia*. [Internet]. Perú; 2006. [Fecha de acceso: 3 de noviembre de 2012]. Disponible en

- www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/materiales_tic/.../02agua.pdf
8. Acepesa. *El agua y su importancia para la vida humana*. [Internet]. México; 2011. [Fecha de acceso: 14 de noviembre de 2012]. Disponible en www.peruecologico.com.pe/lib_c17_t02.htm
 9. Botanical. *Clasificación del agua*. [Internet]. México; 2013. [Fecha de acceso: 15 de noviembre de 2012]. Disponible en <http://www.botanical-online.com/aguatipos.htm>
 10. Galvis M, Ortega C. *Coagulantes naturales de origen vegetal*. [Monografía en Internet]. Colombia: Facultad de Ciencias Básicas. Universidad del Tolima; 2008. [Fecha de acceso: 19 de noviembre de 2012]. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos85/coagulantes-naturales-origen-vegetal/coagulantes-naturales-origen-vegetal.shtml>
 11. Olivas E, Alarcón R. *Manual de prácticas de microbiología básica y microbiología de alimentos*. México: Bellaterra; 2004.
 12. Marín Galvín R. *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de la calidad de las aguas*. España: Díaz de Santo; 2003.
 13. Blesa M, Blanco J. *Tecnologías solares para la desinfección y desinfección del agua*. [Monografía en Internet]. Argentina: Escuela de Postgrado de Universidad Nacional de San Martín; 2007. [Fecha de acceso: 22 de noviembre de 2012]. Disponible en http://www.ehu.es/argitalpenak/images/stories/tesis/Ciencia_y_Tecnologia/JOSU%20SANZ.pdf
 14. Mora Alvarado D. *Agua*. Costa Rica: Universidad estatal a distancia San José; 2009.
 15. Tortora JG, Funke BR, Case LC. *Introducción a la microbiología*. 9.^a ed. Argentina: Médica Panamericana; 2007.
 16. Roldán Pérez G, Ramírez Restrepo J. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2.^a ed. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2008; 421 pp.

17. García Hernández M, Martínez Cuervo f, Utrilla Alcolea A, Ania Palacio J, Alés Reina M, Rojas Sando M, et al. *ATS/DUE Junta de Extremadura*. 2.^a ed. España: MAD. 2006; 714 pp.
18. Ministerio de Salud (Minsa). *Guías para la calidad del agua potable*. Perú: OMS. 2006; (1): 11-242.
19. Gómez Vega O. *Educación para la salud*. 2.^a ed. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia San José; 2007.
20. Hernández Chavarría F. *Fundamentos de epidemiología: El arte detectivesco de la investigación epidemiológica*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia San José; 2002.
21. Manahan Stanley E. *Introducción a la química ambiental*. México: Reverté; 2007.
22. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud. Informe de un grupo científico. Serie de informes técnicos 11*. Ginebra: OMS; 1994.
23. Osorio Robles F, Torres Rojo J, Sánchez Bas M. *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismo y agentes contaminantes*. España: Díaz de Santo; 2010.
24. Mendo Rubio M. *Medios de cultivo en microbiología-Manual de laboratorio*. 5.^a ed. Perú: Ediciones Laborales; 2005.
25. Montoya Villafañe H. *Microbiología básica para el área de la salud y afines*. 2.^a ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 2008.
26. AWWA, APHA, WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 22.^a ed.; 2012.
27. García Negroni M. *Microbiología estomatológica-Fundamentos y guía de práctica*. 2.^a ed. Argentina: Médica Panamericana; 2009.
28. Augurto Sáenz T. *Microbiología: bioquímica bacteriana Enterobacteriaceae*. Perú: Unión; 2009.
29. Palma Cárdenas A, Sánchez Aguilera F. *Técnicas de ayuda odontológica y estomatológica*. España: Gráficas Rogar. 2010; 329 pp.
30. Gutiérrez López E, Iglesias Esquiroz P. *Técnicas de ayuda odontológica/estomatológica*. España: Editex; 2009.
31. Ministerio de Salud (Minsa). *Bioseguridad en odontología: Ministerio de Salud-NTP*. Perú: Minsa-NTP; 2005.

32. Barrancos Mooney J. *Operatoria dental. Integración clínica*. 4.^a ed. Argentina: Médica Panamericana; 2006.
33. María M. "Patología periapical. Estructura del *biofilm*". *Revista Electronic Journal of Endodontics Rosario*. [Revista en Internet]. 2007; 7(1): 65-90. [Fecha de acceso: 3 de diciembre de 2012]. Disponible en <http://rehiph.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/1426/47-79-1-PB.pdf?sequence=1>
34. Ferro Camargo M, Gómez Guzmán M. *Fundamentos de odontología-periodoncia*. 2.^a ed. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana; 2007.
35. Sirvent E, García B. "Biofilm: un nuevo concepto de infección en endodoncia". *Revista de endodoncia*. [Revista en Internet]. 2010; 28(04):241-256. [Fecha de acceso: 6 de diciembre de 2012]. Disponible en <http://www.medlinedental.com/PDF-DOC/ENDO/VOL28N45.PDF>
36. De Victorica J. *Formación de biopelículas y su impacto en los sistemas de conducción de agua*. [Monografía en Internet]. México: UNAM; 2004. [Fecha de acceso: 10 de diciembre de 2012]. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/peru/mexapa020.pdf>
37. Knobelsdorf M, Mujeriego S. "Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable". *Revista UPC*. [Revista en Internet]. 2007; 4(2): 17-28. [Fecha de acceso: 16 de diciembre de 2012] Disponible en <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/3061/1/42article2.pdf>
38. Romeo T. *Bacteria-biofilm*. Atlanta: Springer; 2008.
39. Vicente Barrero M. *Prevención de riesgos laborales en odontoestomatología*. España: MAD; 2003.
40. Torres García F. *Control de infecciones en el consultorio dental*. [Tesis]. México: Universidad de San Nicolás de Hidalgo; 2005.
41. Ministerio de Salud (Minsa). *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N.º 031-2012-SA/Ministerio de Salud*. Dirección General de Salud Ambiental. Lima: Minsa; 2011.

42. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. *Agua para consumo humano*. [Internet]. Perú; 2012. [Fecha de acceso: 9 de enero de 2013]. Disponible en <http://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones-snmpe/informes-quincenales/sector-multisectoriales/agua-para-consumo-humano-publicado-febrero-2012.html>
43. *Prevención y control de infecciones en su consultorio dental. Agua de la unidad dental*. [Internet]. México; 2010. [Fecha de acceso: 13 de enero de 2013]. Disponible en <https://dentegrace.com/courses/2092/PDF/prevYcontrol.pdf>
44. Muñoz E, Hernández D, Moreno G. “Análisis bacteriológico comparativo del agua de las clínicas urbanas Climuzac y rural Clitaco de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Zacatecas. *Revista ADM*. [Revista en internet]. 2006; 63(1): 23-31. [Fecha de acceso: 13 de enero de 2013] Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2006/od061e.pdf>
45. Fuentes Cuéllar M. *Estudio bacteriológico del agua de abastecimiento de la unidad dental y jeringa triple de la misma, en clínicas dentales privadas de la ciudad capital de Guatemala*. [Tesis]. Guatemala: Universidad de San Carlos; 2005.
46. Marín Naranjo R. *Análisis microbiológico del agua que se utiliza en los servicios clínicos de la Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica*. [Tesis]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 2009.

ANEXOS

Anexo N.º 01

Resultados de los recuentos de bacterias de las muestras de agua

➤ Determinación de coliformes totales

Cuadro N.º 01. Fecha de muestreo y análisis: 21-01-2013.

Consultorio Odontológico (CO)	Indicador	Fuente de abastecimiento	Jeringa triple
	ufc / 100mL		
	CO 01 - A*	<1	-
	CO - 01	-	11
	CO - 02	-	<1
	CO - 03	-	5
	CO - 04	-	5
	CO - 05	-	1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N.º 02. Fecha de muestreo y análisis: 22-01-2013.

Consultorio Odontológico (CO)	Indicador	Fuente de abastecimiento	Jeringa triple
	ufc / 100mL		
	CO 02 - A*	<1	-
	CO - 06	-	1
	CO - 07	-	<1
	CO - 08	-	4
	CO - 09	-	5
	CO - 10	-	8

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 03. Fecha de muestreo y análisis: 23-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		ufc / 100mL	
	CO 03 – A*	<1	-
	CO - 11	-	3
	CO - 12	-	5
	CO - 13	-	6
	CO - 14	-	4
	CO - 15	-	7

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 04. Fecha de muestreo y análisis: 24-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		ufc / 100mL	
	CO 04 – A*	<1	-
	CO - 16	-	1
	CO - 17	-	4
	CO - 18	-	<1
	CO - 19	-	8
	CO - 20	-	5

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 05. Fecha de muestreo y análisis: 25-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		ufc / 100mL	
	CO 05 – A*	<1	-
	CO - 21	-	6
	CO - 22	-	8
	CO - 23	-	4
	CO - 24	-	5
	CO - 25	-	3

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

➤ **Determinación de coliformes termotolerantes**

Cuadro N° 01. Fecha de muestreo y análisis: 21-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 01 – A*	<1	-
CO - 01	-	4
CO - 02	-	<1
CO - 03	-	<1
CO - 04	-	2
CO - 05	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 02. Fecha de muestreo y análisis: 22-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 02 – A*	<1	-
CO - 06	-	<1
CO - 07	-	<1
CO - 08	-	1
CO - 09	-	1
CO - 10	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 03. Fecha de muestreo y análisis: 23-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 03 – A*	<1	-
CO - 11	-	<1
CO - 12	-	<1
CO - 13	-	<1
CO - 14	-	<1
CO - 15	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 04. Fecha de muestreo y análisis: 24-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 04 – A*	<1	-
CO - 16	-	3
CO - 17	-	1
CO - 18	-	<1
CO - 19	-	<1
CO - 20	-	2

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 05. Fecha de muestreo y análisis: 25-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 05 – A*	<1	-
CO - 21	-	<1
CO - 22	-	<1
CO - 23	-	<1
CO - 24	-	<1
CO - 25	-	1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

➤ **Determinación de bacterias heterotróficas**

Cuadro N° 01. Fecha de muestreo y análisis: 21-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 01 – A*	131	-
CO - 01	-	525
CO - 02	-	118
CO - 03	-	225
CO - 04	-	325
CO - 05	-	263

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 02. Fecha de muestreo y análisis: 22-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 02 – A*	85	-
CO - 06	-	218
CO - 07	-	100
CO - 08	-	241
CO - 09	-	491
CO - 10	-	548

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 03. Fecha de muestreo y análisis: 23-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 03 – A*	76	-
CO - 11	-	135
CO - 12	-	275
CO - 13	-	286
CO - 14	-	184
CO - 15	-	511

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 04. Fecha de muestreo y análisis: 24-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 04 – A*	215	-
CO - 16	-	155
CO - 17	-	168
CO - 18	-	126
CO - 19	-	567
CO - 20	-	254

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 05. Fecha de muestreo y análisis: 25-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
	CO 05 – A*	208	-
	CO 21	-	268
	CO 22	-	656
	CO 23	-	182
	CO 24	-	229
	CO 25	-	161

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

➤ **Determinación de *Escherichia coli***

Cuadro N° 01. Fecha de muestreo y análisis: 21-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
	CO 01 – A*	<1	-
	CO - 01	-	4
	CO - 02	-	<1
	CO - 03	-	<1
	CO - 04	-	<1
	CO - 05	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 02. Fecha de muestreo y análisis: 22-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
	CO 02 – A*	<1	-
	CO - 06	-	<1
	CO - 07	-	<1
	CO - 08	-	<1
	CO - 09	-	<1
	CO - 10	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 03. Fecha de muestreo y análisis: 23-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 03 – A*	<1	-
CO - 11	-	<1
CO - 12	-	<1
CO - 13	-	<1
CO - 14	-	<1
CO - 15	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 04. Fecha de muestreo y análisis: 24-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 04 – A*	<1	-
CO - 16	-	3
CO - 17	-	<1
CO - 18	-	<1
CO - 19	-	<1
CO - 20	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 05. Fecha de muestreo y análisis: 25-01-2013.

<i>Indicador</i> <i>Consultorio</i> <i>Odontológico (CO)</i>	<i>Fuente de</i> <i>abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
	ufc / 100mL	
CO 05 – A*	<1	-
CO - 21	-	<1
CO - 22	-	<1
CO - 23	-	<1
CO - 24	-	<1
CO - 25	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

➤ **Determinación de *Pseudomonas aeruginosa***

Cuadro N° 01. Fecha de muestreo y análisis: 21-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
CO 01 - A*		<1	-
CO - 01		-	4
CO - 02		-	<1
CO - 03		-	<1
CO - 04		-	2
CO - 05		-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 02. Fecha de muestreo y análisis: 22-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
CO 02 - A*		<1	-
CO - 06		-	<1
CO - 07		-	<1
CO - 08		-	<1
CO - 09		-	<1
CO - 10		-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 03. Fecha de muestreo y análisis: 23-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
CO 03 - A*		<1	-
CO - 11		-	<1
CO - 12		-	<1
CO - 13		-	<1
CO - 14		-	<1
CO - 15		-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 04. Fecha de muestreo y análisis: 24-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
	CO 04 - A*	<1	-
	CO - 16	-	3
	CO - 17	-	<1
	CO - 18	-	<1
	CO - 19	-	<1
	CO - 20	-	2

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Cuadro N° 05: Fecha de muestreo y análisis: 25-01-2013.

<i>Consultorio Odontológico (CO)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>Jeringa triple</i>
		<i>ufc / 100mL</i>	
	CO 05 - A*	<1	-
	CO - 21	-	<1
	CO - 22	-	<1
	CO - 23	-	<1
	CO - 24	-	<1
	CO - 25	-	<1

* A: agua de la fuente de abastecimiento.

Anexo N.º 02

Medios de cultivo utilizados

MEDIO DE CULTIVO	LOTE	MARCA	FECHA DE EXPIRA
Agar endo	0000089111	HIMEDIA	Julio-2015
Agar m-FC	1132381	BD	Setiembre-2014
Agar <i>plate count</i>	VM361263	MERCK	Diciembre-2016
Agar <i>cetrimide</i>	0074808	BD	Febrero-2015
Agar citrato de Simmons	139	BRITANIA LAB	Julio-2014
Agar EMB	856314	OXOID	Enero-2015
Caldo triptonado	12051	-	Marzo-2013
Caldo MR-VP	0000064334	HIMEDIA	Julio-2014

Anexo N.º 03

Lista de materiales y equipos

1. Materiales

1.1. De laboratorio

- * Tubos de ensayo 100 x 12 mm.
- * Pipetas de vidrio de 2 y 5 mL.
- * Frascos de vidrio de 500 mL.
- * Matraz de 500 mL.
- * Placas Petri descartables 70 x 15 mm.
- * Propipeta.
- * Asa de siembra.
- * Equipo de filtración Millipore.
- * Gradillas.
- * Algodón.
- * Implementos de bioseguridad (guantes, mascarillas, gorros, etc.).
- * Papeles Bond.
- * Lapiceros.

1.2. Medio de cultivo

- | | |
|---------------------------|------------------|
| * Agar endo | Lote: 0000089111 |
| * Agar mFC | Lote: 1132381 |
| * Agar <i>plate count</i> | Lote: VM361263 |
| * Agar <i>cetrimide</i> | Lote: 0074808 |
| * Agar citrato de Simmons | Lote: 139 |
| * Agar EMB | Lote: 856314 |
| * Caldo triptonado | Lote: 12051 |
| * Caldo MR-VP | Lote: 0000064334 |

1.3. Reactivos

- * Rojo de metilo.
- * Alfa-naftol 5 %.
- * KOH 40 %.
- * Ácido rosólico 1 %.
- * PDP (N,N dietil-para-fenilendiamina). Lote: M00110F10

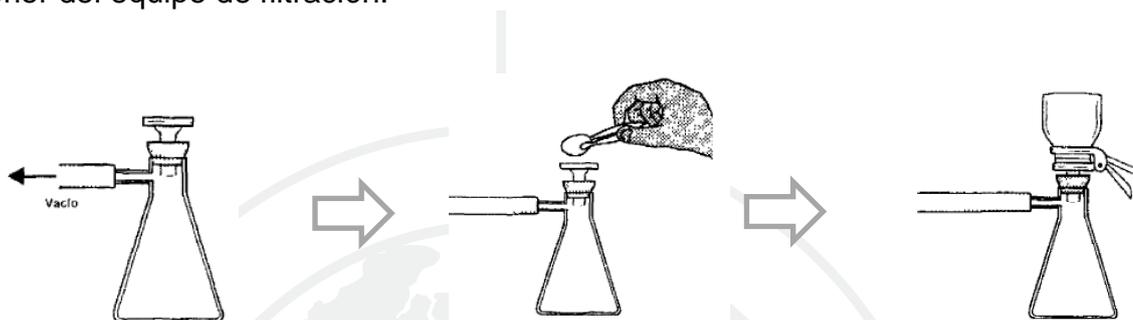
2. Equipos

- * Autoclave eléctrica.
- * Esterilizador eléctrico.
- * Incubadoras eléctricas a $35-37\pm 0,5$ °C, $44,5\pm 0,2$ °C.
- * Baño maría a 40 °C.
- * Balanza.
- * Mechero.
- * Potenciómetro.
- * Bomba al vacío.
- * Cámara digital.
- * Computadora.
- * Impresora.

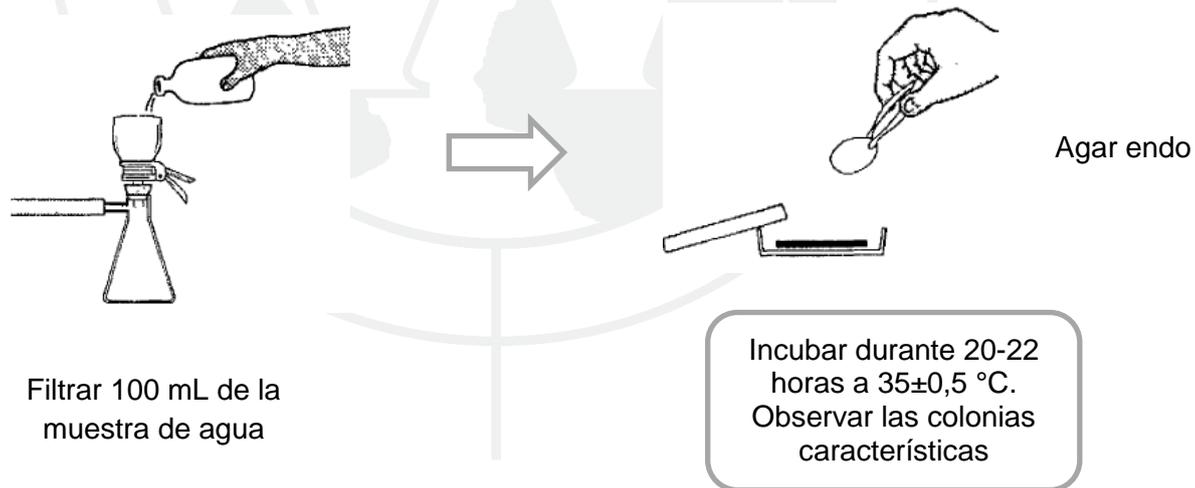
Anexo N.º 04

Diagrama de los análisis realizados

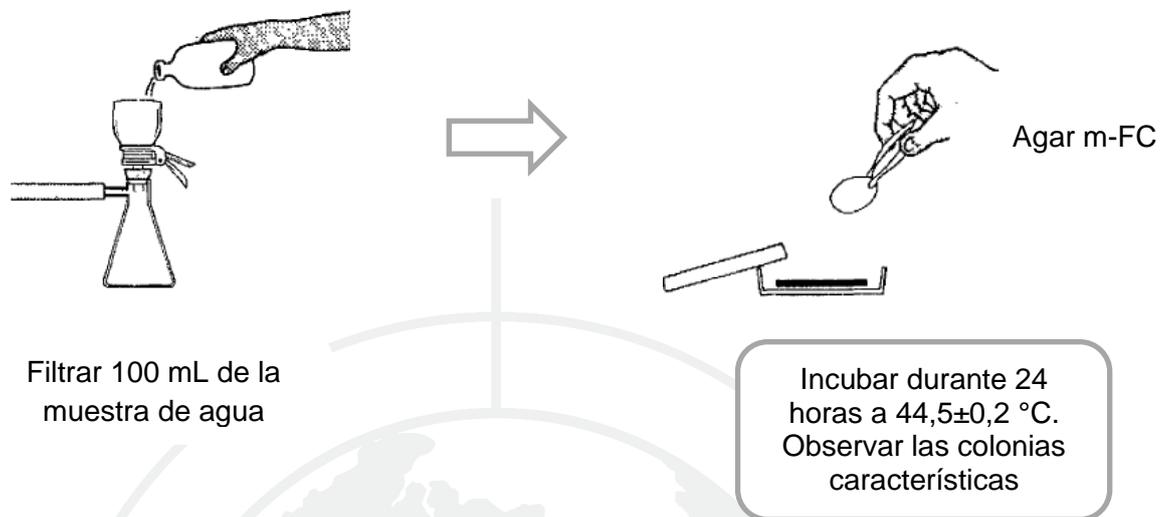
Para realizar los análisis, previamente se debe conectar el equipo de filtración a la fuente de vacío. Luego, colocar la membrana filtrante y el equipo superior del equipo de filtración.



1. Determinación de coliformes totales



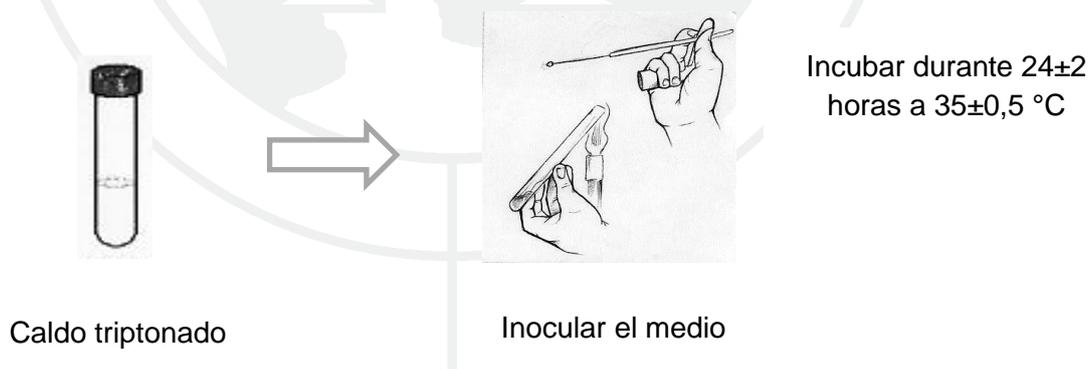
2. Determinación de coliformes termotolerantes



3. Determinación de *Escherichia coli*

Escoger las colonias características del agar m-FC y realizar la prueba de IMVIC.

- Prueba del indol



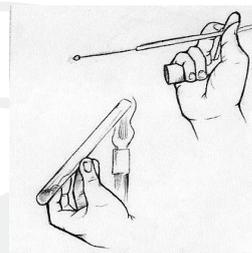


Resultado positivo:
Formación de un anillo color rojo

- **Prueba de rojo de metilo**



Caldo MR-VP



Inocular el medio

Incubar durante
48 horas a
 $35 \pm 0,5$ °C



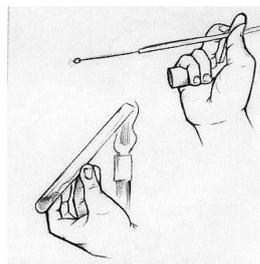
Adicionar 5 gotas de
la solución de Rojo de
metilo.

Resultado positivo:
Viraje de color amarillo
a rojo

- **Prueba de Voges Proskauer**



Caldo MR-VP



Inocular el medio

Incubar durante
48 horas a
 $35 \pm 0,5$ °C

Adicionar 0,6 mL de alfa
naftol 5 % y 0,2 KOH 40 %

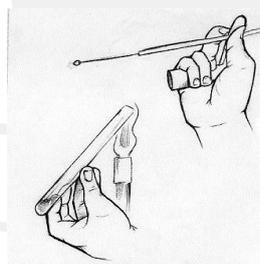


Resultado positivo:
Viraje de color amarillo
a rojo

- **Prueba de citrato de Simmons**



Agar citrato de
Simmons

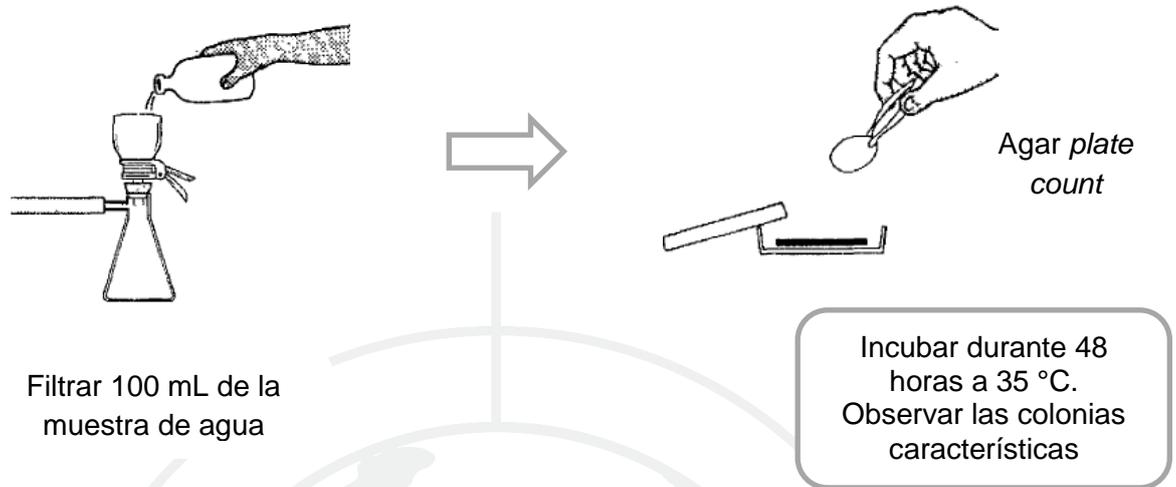


Inocular el medio

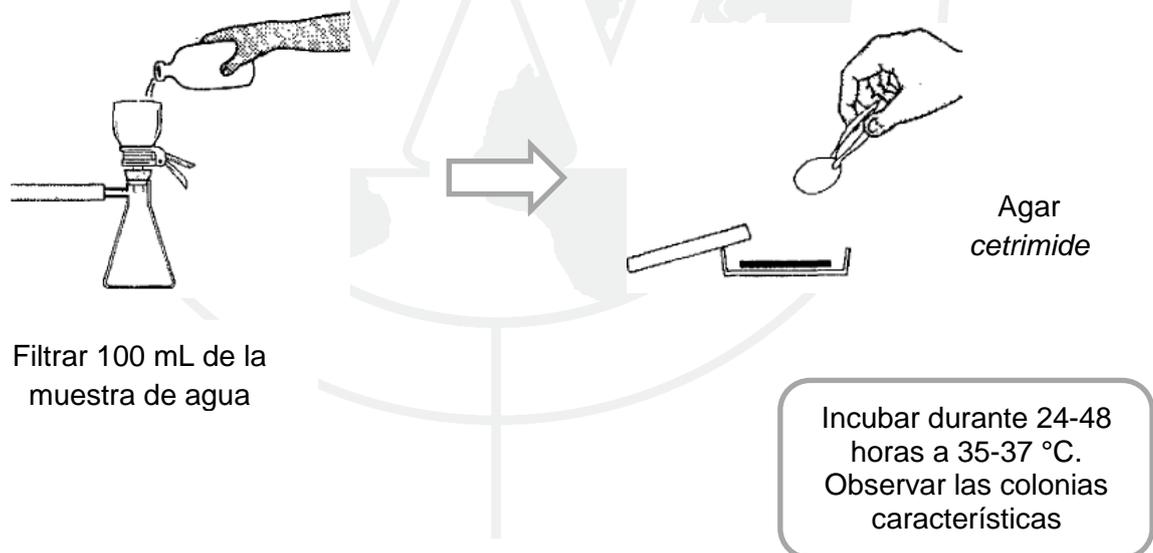
Incubar durante 48 horas
a $35 \pm 0,5$ °C

Resultado positivo:
Observar el cambio de
color del medio a azul

4. Determinación de bacterias heterotróficas



5. Determinación de *Pseudomonas aeruginosa*



Anexo N.º 05



Foto N.º 01. Preparación de los materiales de vidrio para su esterilización.



Foto N.º 02: Preparación de los medios de cultivo.

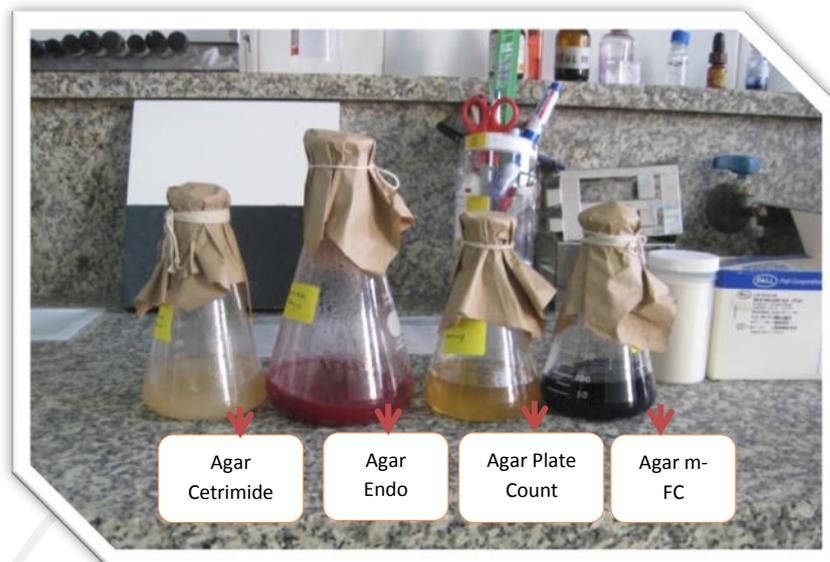


Foto N.º 03. Medios de cultivo esterilizados.



Foto N.º 04. Incorporación del medio de cultivo a la placa Petri.

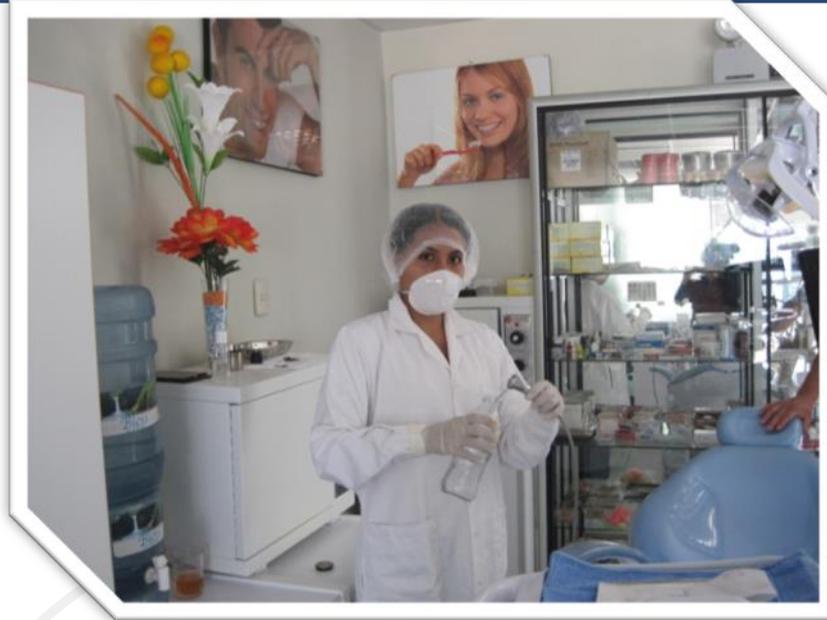


Foto N.º 05. Muestreo del agua de la jeringa triple del Consultorio Odontológico N.º 18.



Foto N.º 06. Muestras de agua de la fuente de abastecimiento.



Foto N.º 07. Muestras de agua de la jeringa triple.



Foto N.º 08. Rotulado de placas Petri.



Foto N.º 09. Confirmación de la procedencia de las muestras de agua. Todas son agua potable.



Foto N.º 10. Análisis de las muestras de agua de la fuente de abastecimiento y jeringa triple.



Foto N.º 11. Análisis de las muestras de agua de la fuente de abastecimiento y jeringa triple.



Foto N.º 12. Incubación de las placas Petri de las muestras analizadas.



Foto N.º 13. Lectura de resultados de las muestras de agua de la fuente de abastecimiento y jeringa triple.