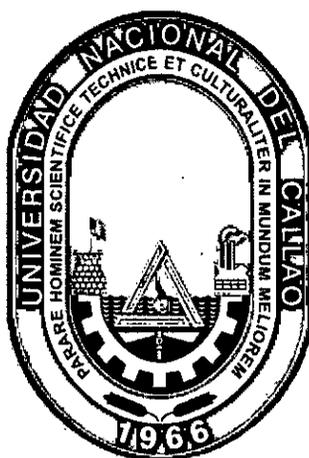


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE**  
**INGENIERÍA QUÍMICA**



**“CALIDAD MICROBIANA DE LAS FUENTES  
DE AGUA DE MAYOR CONSUMO HUMANO  
DE LA POBLACIÓN DEL CERCADO DE LIMA-  
PERU”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN CIENCIA Y  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**TESISTA: Bach. ROGER ANIBAL GAMBOA RUIZ**

**Callao, 2018.**

**PERÚ**

*Roger Anibal Gamboa Ruiz*

*Roger Anibal Gamboa Ruiz*

## **HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO**

La presente tesis fue sustentada ante el jurado examinador conformado por los siguientes Profesores ordinarios:

Dr. RODRIGUEZ TARANCO OSCAR JUAN	PRESIDENTE
Dr. CALDERÓN CRUZ JULIO CÉSAR	SECRETARIO
Mg. TOLEDO PALOMINO MARÍA ESTELA	MIEMBRO
Mg. RODRIGUEZ VILCHEZ RICARDO	MIEMBRO
Dr. ANCIETA DEXTRE CARLOS ALEJANDRO	ASESOR

Según figura en el **Libro N° 1 Folio N° 012** asentado en el **Acta N° 010** de fecha **VEINTITRES DE AGOSTO DEL DOS MIL DIECIOCHO**, para obtener el Grado Académico de Maestro en la modalidad de **Sustentación de Tesis**, de acuerdo a lo normado por el Reglamento de Estudios de Posgrado vigente.

## DEDICATORIA

*A mi Dios, por brindarme la salud y las fuerzas necesarias para seguir adelante y darle gracias también por poner en mi camino a buenas y gratas personas que te motivan a luchar y conseguir tus objetivos.*

*A mis padres, por la confianza y el apoyo incondicional, pues este logro es también por y para ustedes; que no hay duda que sin sus buenos consejos no hubiese sido posible.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis mentores y jefes, el Dr. Germán Vergaray Ulffe y la Mg. Carmen Rosa Méndez Farro, por su confianza, por creer en mí y por sus sabios consejos, los cuales siempre seguiré escuchando y aplicando para ser cada día mejor, tanto en la vida profesional como persona; los admiro mucho por su gran capacidad de desenvolvimiento y por su vasta experiencia, de la cual aprendo cada día y motivan para seguir adelante. Y gracias también por ser mis amigos.

Al Dr. Carlos Ancieta Dextre por el asesoramiento de mi tesis, por sus conocimientos brindados y por el apoyo, necesarios en la culminación de la misma.

A mi compañera y amiga, Jaqueline Soberon Amado por su apoyo y asesoría en el análisis estadístico de mi tesis, convirtiéndose en una parte fundamental en nuestro equipo de trabajo.

Finalmente a todos mis familiares y amigos, de que alguna u otra manera contribuyeron al desarrollo y culminación de esta tesis.

## INDICE

TABLAS DE CONTENIDO .....	6
RESUMEN.....	11
1.1.- Identificación del problema .....	13
1.2.- Formulación del problema.....	15
1.3 Objetivos de la investigación .....	15
1.3.1Objetivo General .....	15
1.3.2Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificación.....	15
II. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1 Antecedentes del estudio.....	16
2.2 El agua y su importancia.....	22
2.3 Fuentes de agua.....	22
2.3.1 Aguas superficiales .....	22
2.3.2 Aguas subterráneas.....	23
2.3.3 Manantial.....	23
2.4 Agua potable .....	23
2.5 Contaminación del agua.....	23
2.6 Contaminantes biológicos del agua.....	24
2.7 Contaminantes químicos del agua.....	24
2.8 Calidad del agua.....	24

2.8.1	Parámetros de la calidad química del agua .....	25
2.8.2	Parámetros de la calidad microbiológica del agua.....	25
2.9	Enfermedades producidas por la contaminación del agua .....	26
2.10	Tecnologías utilizadas en el tratamiento del agua.....	27
2.10.1	Tecnología aplicada en el proceso de potabilización del agua en la planta de tratamiento La Atarjea .....	27
2.10.2	Tecnología del agua en una planta embotelladora .....	29
2.10.3	Tecnología de los filtros purificadores en el tratamiento del agua.....	30
2.11	Definiciones de términos básicos.....	31
III.	VARIABLES E HIPÓTESIS.....	35
3.1	Definición de las variables.....	35
3.2	Operacionalización de variables .....	36
3.3	Hipótesis.....	37
3.3.1	Hipótesis general.....	37
3.3.2	Hipótesis específicas .....	37
IV.	METODOLOGÍA.....	38
4.1.	Tipo de investigación .....	38
4.2	Diseño de investigación .....	38
4.3	Población y muestra .....	38
4.3.1	Recolección de muestras .....	42
4.3.2	Material de laboratorio.....	42
4.3.3	Métodos.....	44

4.3.4 Análisis microbiológicos.....	45
4.3.5. Requisitos microbiológicos del agua. ....	60
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	60
4.4.1 Procedimiento de recolección de datos .....	61
4.4.2 Técnicas de procesamiento de la información. ....	61
4.5 Plan de análisis estadístico de datos.....	61
V. RESULTADOS.....	62
5.1 Resultados de la Calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo. ....	62
5.2 Resultados del análisis microbiológico de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se receptiona en grifos intradomiciliarios. ....	63
5.2.1 Resultado del análisis fisicoquímico del agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se receptiona en grifos intradomiciliarios. .....	66
5.3 Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo.....	68
5.3.1 Resultado del análisis fisicoquímico del tratamiento del Agua filtrada previamente a su consumo. ....	71
5.4 Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones. ....	71
5.4.1 Resultado del análisis fisicoquímico del tratamiento del agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones. ....	74

5.5 Regresión lineal múltiple, Coeficientes de regresión y Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad e inocuidad del agua de grifo y análisis microbiológico. ....	74
5.6 Regresión lineal múltiple, Coeficientes de regresión y Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad e inocuidad del agua filtrada y análisis microbiológico. ....	76
5.7 Regresión lineal múltiple, Coeficientes de regresión y Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad e inocuidad del aguade mesa envasada no carbonatada y análisis microbiológico. ....	78
5.8 Pruebas de normalidad entre la calidad del agua de grifo, filtrada y envasada no carbonatada para consumo humano y los tipos de tratamiento aplicados... ..	80
5.9 Prueba de rangos y estadístico de contraste Kruskall-Wallis entre la calidad del agua y el tipo de tratamiento aplicado.....	82
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	84
6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados.....	84
6.2 Contrastación de hipótesis con otros estudios.....	85
VII. CONCLUSIONES.....	92
VIII. RECOMENDACIONES .....	93
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	94
X. ANEXOS.....	105
10.1 Matriz de consistencia.....	105
10.2 Fotos del muestreo .....	106
10.3 Fotografías de los Análisis Microbiológicos .....	107
10.4 Ficha de recolección de datos .....	110

10.5Ficha de resultado del ensayo microbiológico .....	111
10.6Ficha de resultado del ensayo microbiológico .....	112

## TABLAS DE CONTENIDO

### Lista de cuadros

2.1 Enfermedades y síntomas ocasionados por bacterias.....	26
2.2 Enfermedades y síntomas ocasionados por parásitos.....	27
3.1 Variables y dimensiones .....	36
4.1 Zonificación del Cercado de Lima.....	39
4.2 Expresión resultados para bacterias heterotróficas .....	46
4.3 Índice de NMP y límites de confianza del 95% para todas las combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan 10 porciones de 10 ml ....	56
4.4 Tabla de Numero Más Probable (NMP) y los intervalos de confianza del 95 por ciento, para 5 tubos cada uno (10ml, 1,0ml y 0,1 ml)* .....	57
4.5 Aguas envasadas carbonatadas (*) y no carbonatadas.....	60
5.1 Calidad microbiana de las aguas de mayor consumo humano.....	71
5.2 Resultados del análisis microbiológico de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios .....	64
5.3 Calificación en porcentajes de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios. ....	65
5.4 Resultado del análisis fisicoquímico de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios .....	67
5.5 Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo.....	69

5.6 Calificación en porcentajes de muestras del tratamiento de agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo.....	70
5.7 Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones .....	72
5.8 Calificación en porcentaje de muestras del tratamiento de agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones .....	73
5.9 Regresión lineal múltiple entre la calidad del agua de grifo y los análisis microbiológicos.....	75
5.10 Coeficientes de regresión entre la calidad del agua de grifo y los análisis microbiológicos.....	75
5.11 Coeficientes de correlación de Pearson entre la calidad del agua de grifo y los análisis microbiológicos.....	76
5.12 Regresión lineal múltiple entre la calidad del agua filtrada y los análisis microbiológicos.....	77
5.13 Coeficientes de regresión entre la calidad del agua filtrada y los análisis microbiológicos.....	77
5.14 Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad del agua filtrada y los análisis microbiológicos.....	78
5.15 Regresión lineal múltiple entre el agua envasada no carbonatada y los análisis microbiológicos.....	79
5.16 Coeficientes de regresión entre la calidad del agua envasada no carbonatada y los análisis microbiológicos.....	79
5.17 Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad del agua de mesa envasada no carbonatada y los análisis microbiológicos.....	80

5.18 Prueba de normalidad entre la calidad de las aguas y el tipo de tratamiento aplicados.....	81
5.19 Rangos promedio de la calidad del agua filtrada, envasada y de grifo, y el tipo de tratamiento.....	83
5.20 Prueba de Kruskall-Wallis entre los tipo de tratamiento .....	83

## TABLAS DE CONTENIDO

### Lista de figuras

2.1 Flujograma de proceso de tratamiento del agua.....	28
2.2 Secuencia del agua en una edificación.....	29
2.3 Proceso de tratamiento del agua en una planta envasadora .....	30
2.4 Filtros domésticos .....	31
4.1 Mapa de zonificación del Cercado de Lima.....	40
4.2 Flujograma del método colorimétrico para la determinación de CLR.....	44
4.3 Flujograma de metodología empleada para el recuento de bacterias heterotróficas de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF .....	47
4.4 Flujograma de metodología empleada para numeración de coliformes totales de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF-2012.....	49
4.5 Flujograma de metodología empleada para numeración de coliformes termotolerantes de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF-2012.....	51
4.6 Flujograma de metodología empleada para numeración de <i>Escherichia coli</i> de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF-2012.....	53
4.7 Flujograma de metodología empleada para numeración de <i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i> de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF-2012.....	55
4.8 Flujograma de metodología empleada para huevos de helmintos de acuerdo al Método de concentración – centrifugación (Sedimentación, Flotación). para huevos de helmintos. OPS/CEPIS-1983. ....	59

## TABLAS DE CONTENIDO

### Lista de gráficos

5.1 Resultado del análisis microbiológico para el agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios. ....	65
5.2 Calificación fisicoquímica de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios .....	66
5.3 Resultado del análisis microbiológico del agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo .....	70
5.4 Calificación fisicoquímica de muestras de agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo .....	71
5.5 Resultado del análisis microbiológico del agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones.....	73
5.6 Calificación fisicoquímica de muestras de agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones.....	74
5.7 Distribución de la concentración de muestras de agua calificadas y el Tipo de Tratamiento .....	82

## **RESUMEN.**

La presente tesis da a conocer el efecto de las tecnologías del tratamiento de agua, respecto a la calidad bacteriana de la misma, para consumo humano en el Cercado de Lima - Perú.

La metodología empleada consistió en evaluar la carga bacteriana, en tres tipos de fuente de agua para el consumo humano de la población en análisis. El primero en grifos intradomiciliarios, el segundo de filtros conectados a grifos domiciliarios a la salida y el tercero de agua de mesa envasada no carbonatadas.

Finalmente se realizó el análisis estadístico, con los resultados de las muestras tomadas, concluyendo que las aguas filtradas tienen mayor contaminación microbiana, en comparación con las otras fuentes de consumo de agua.

**Palabras clave.** Tecnología de tratamiento del agua, calidad del agua, aguas filtradas, contaminación microbiana.

## **ABSTRACT.**

This thesis reveals the effect of water treatment technologies, with respect to the antibacterial quality thereof, for human consumption in the Cercado de Lima - Peru.

The methodology used was to evaluate the bacterial load in three types of water source for human consumption of the population under analysis. The first in indoor faucets, the second one of filters connected to domestic faucets at the exit and the third one of non-carbonated packaged table water.

Finally, the statistical analysis was carried out, with the results of the samples taken, concluding that the filtered waters have greater microbial contamination, in comparison with the other sources of water consumption.

**Keywords.** Water treatment technology, water quality, filtered water, microbial contamination

## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.- Identificación del problema**

Las tecnologías de tratamiento del agua potable para consumo humano son ineficientes, al comprobarse y detectarse la presencia de microorganismos indicadores y/o patógenos. Los niveles de contaminación aumentan sobre todo en partes de los sistemas de distribución por tuberías donde se produce estancamiento de agua, en instalaciones de fontanería domésticas, en agua envasada, en algunos casos, y en dispositivos conectados a las instalaciones de fontanería, como descalcificadores, filtros de carbón y máquinas expendedoras automáticas. (OMS, 2006).

El peligro más común y difundido, relativo al consumo de agua de consumo humano es el de su contaminación microbiana con aguas servidas y excretas del hombre y los animales. Si dicha contaminación es reciente y se hallan microorganismos patógenos, es posible que dichos microorganismos se encuentren vivos y con capacidad de producir enfermedad. (Vergaray y Méndez, 1994).

A lo largo de los años 1970 y 1980, las quejas e inquietudes de la población respecto al sabor, olor, y hasta las implicaciones de salud de las impurezas presentes en el agua potable. Las municipalidades optaron a utilizar otra tecnología del agua; la del carbón activado para combatir los problemas de sabor, olor y contaminantes orgánicos en los suministros de agua, mientras que los consumidores y negocios instalaron filtros para el punto de uso y punto de entrada en sus tuberías de agua. (Trogolo, 2006). Sin embargo, California y Ontario hallaron niveles bacterianos significativamente mayores en el agua que fluía desde los filtros de carbón activado que en el agua afluente (Tobin, Smith y Lindsay, 1981).

Durante la vida normal útil de un filtro de agua, las bacterias que ocurren naturalmente y que se encuentran presentes en el agua afluente colonizaron el carbón activado dentro de los filtros de agua. Una causa significativa de la contaminación de los filtros es la higiene inapropiada durante la instalación del filtro. La utilización de guantes para evitar el contacto de las manos con el filtro y el uso de componentes con cobertura mojada debiera ser una práctica común durante el reemplazo de filtros (Trogolo, 2006).

Con respecto a la tecnología del agua embotellada no carbonatada, que a pesar de ser más costosa, la mayoría de las personas la compran y beben con confianza convencidos de su calidad y pureza (Marco et al. 2004), generándose un crecimiento considerable en la industria del agua envasada en los países en vías de desarrollo, lo que ha desencadenado que existan numerosas plantas envasadoras de agua destinadas a ser expandidas en todo tipo de establecimientos. (Simanca, et al. 2010).

El origen de la flora bacteriana del agua envasada es doble: por un lado, se encuentran las bacterias propias del punto de emergencia (microflora autóctona), además de las bacterias “añadidas” al agua durante el proceso de envasado (microflora alóctona). En este punto, muchos son los casos de contaminación de envases por una manipulación no adecuada del producto. (López, 2002).

Es importante considerar, que después de la tecnología del proceso de envasado, las botellas permanecen almacenadas por semanas o meses. El tratamiento de desinfección que se aplica a algunos tipos de aguas no es sinónimo de esterilización y cualquier bacteria presente se adhiere a las paredes del envase y se multiplica a expensas de trazas de materias orgánicas presentes. Esta multiplicación varía entre las marcas, dependiendo de la fuente de agua (Rosenberg, 2003), de la contaminación que tengan los equipos utilizados para bombear el agua hasta el lugar de envasado, de la exposición al aire, del contacto con personas y animales durante el envasado (Warburton, 1992). Asimismo, de los métodos de almacenamiento después del envasado (Hunter, 1993). Por lo tanto, el agua envasada, al igual que cualquier otro producto alimenticio, se debe procesar, empacar, etiquetar, transportar y almacenar de una forma segura y sanitaria (Warburton, 2000).

En nuestro medio no existen estudios comparativos de las tecnologías de tratamiento industrial sobre la calidad e inocuidad del agua proveniente de la planta de tratamiento de agua potable, del agua envasada no carbonatada y del agua filtrada de grifos domiciliarios; así mismo permitirá realizar estudios de vigilancia de Bacterias heterotróficas, Coliformes, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, en muestras de agua sometidas a tecnologías de tratamiento industrial.

## **1.2.- Formulación del problema**

¿Es posible que las fuentes de agua de mayor consumo humano de la población del Cercado de Lima – Perú sometidas a tecnologías de tratamiento mantengan una buena calidad microbiana?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo humano de la población del Cercado de Lima - Perú.

### **1.3.2Objetivos Específicos**

- a. Determinar la calidad microbiana del agua que proviene de la planta de tratamiento de La Atarjea que se recepciona de grifos intradomiciliarios.
- b. Determinar la calidad microbiana del agua que se filtra previamente a su consumo.
- c. Determinar la calidad microbiana el agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones.

## **1.4 Justificación**

Las razones que justifican la presente investigación son:

- a. Legal: El estudio se basa en el cumplimiento obligatorio de la Norma Técnica Sanitaria MINSA/DIGESA, con la vigilancia y control de la calidad sanitaria e inocuidad de los alimentos, mediante los criterios microbiológicos para el agua de consumo humano.
- b. Teórica: Los resultados de la investigación servirán como antecedentes para estudios posteriores.
- c. Económica: El mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano permitirá disminuir costos en la población.
- d. Social: La buena calidad del agua para consumo humano permitirá disminuir la prevalencia de enfermedades transmitidas por el agua, mejorando la calidad de vida de la población
- e. Práctica: El estudio facilitará tomar las medidas necesarias para plantear las correctivas necesarias y establecer un programa de vigilancia sanitaria que incluirá los monitoreos correspondientes.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

1. Arturo Burbano, Franklin. “Estudio de un proceso de filtración para agua de consumo humano con filtro orgánico y pómez para el mejoramiento de la calidad del agua, en el sector El Minas, Cantón Sucumbios. Ecuador. 2017. Realizó un estudio para evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua filtrada, demostrando que hubo una buena eficiencia con respecto a la remoción de metales y coliformes totales.
2. Pant, Narayan Dutt y otros. “Calidad bacteriológica del agua potable embotellada versus agua corriente municipal en Dharan municipio, Nepal”. 2016. Realizaron un estudio de un total de 100 muestras (76 de agua del grifo y 24 de agua embotellada). Demostraron que todas las muestras de agua del grifo municipal y la mayoría de las muestras de agua embotellada distribuidas en el municipio de Dharan estaban contaminadas con uno o más tipos de organismos indicadores. Concluyeron que comparativamente, el agua potable embotellada puede haber sido más segura (que el agua del grifo) para beber.
3. Pérez Vidal, Andrea y otros. “Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano”. Colombia. 2014. evaluó la eficiencia de dos sistemas de filtración casera, en el tratamiento del agua para consumo humano. Ambos sistemas disminuyeron la turbiedad a niveles menores de 2 UNT e inactivaron *E. coli* en un 100%. Sin embargo el filtro lifestraw resultó ser más eficiente que el de olla cerámica.
4. Ávila de Navia, Sara y otros. “Calidad bacteriológica del agua Vereda El Charco, San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia”. Colombia. 2016. En un estudio determinaron la calidad bacteriológica del agua de la red de distribución del acueducto veredal El Charco en el municipio de San Miguel de Sema, Boyacá-Colombia, determinaron la presencia de coliformes totales y Enterococcus por encima de los 0 UFC/ml, siendo el agua no apta para el consumo humano.
5. Acevedo Osorio, Germán y otros. “Calidad microbiológica del agua en dos instituciones de salud del eje cafetero, Colombia 2015”. Evaluaron la calidad microbiológica de las aguas de grifos con filtros en instituciones de salud en Colombia, una de las instituciones cuenta con agua inviablemente sanitaria en uno de sus puntos críticos, debido a la alta presencia de Mohos y Levaduras, y

aerobios mesófilos, el cual imposibilita su consumo según el decreto 2115 de 2007, y normas internacionales.

6. Al Moosa, Merfat y otros. “Calidad microbiológica del agua potable del agua Máquinas dispensadoras”. Dubái. 2015. Investigaron la calidad microbiana del agua potable distribuida a través de máquinas distribuidoras de agua ubicadas en escuelas y universidades de Ajman, EAU. Se encontró que 25 de las 49 muestras presentaron *P. aeruginosa*, o coliformes totales o ambos.

7. Shahaby, AF. y otros. “Evaluación bacteriológica del agua del grifo y el agua mineral embotellada en Taif, oeste de Arabia Saudita”. Egipto. 2015. Realizaron un estudio comparativo de 103 botellas de agua que representa a 17 marcas y 21 muestras de agua de consumo de diferentes lugares dentro y alrededor de la ciudad de Taif. No se detectaron coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli*, estreptococos fecales, *P. aeruginosa* y recuento de heterótrofos en placa (HPC). HPC representan el 23,8% de agua del grifo y el 1,9% sólo en el agua embotellada. *Pseudomonas* spp. fue mayor en el agua del grifo (14,3%) que el agua embotellada (1,9%).

8. García, Leisy y otros. “*Pseudomonas aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica”. Perú. 2014. Reportaron que no todas las normas de calidad de agua potable en los países de Sudamérica utilizan a *P.aeruginosa* como indicador. Los resultados indicaron que el método de detección más usado por investigadores es el de NMP y que los países con mayor estudios son Argentina y Venezuela. Los países que consideran a *P. aeruginosa* como parámetro obligatorio en la calidad de agua son Argentina y Uruguay.

9. Ybañez, Bryan. “Un estudio de la calidad bacteriológica del agua embotellada y del grifo en Cebú”. Nueva Zelanda. 2014. Realizó un estudio de 150 muestras de agua embotellada y 120 de agua potable de grifo. Un número considerable de una de las marcas de las muestras de agua embotellada fueron positivas para el recuento de bacterias heterotróficas en placa. Por otra parte, las muestras colectadas de agua de grifo en uno de los hogares, fue positiva para *E. coli*, Coliformes termotolerantes, Coliformes totales y bacterias heterotróficas.

10. Rojas, Tomás y otros. “Bacilos Gram negativos no fermentadores en agua embotellada: susceptibilidad antimicrobiana y formación de biopelículas”.

Venezuela. 2014. En un estudio realizado a 50 hogares seleccionados al azar se recolectaron muestras de agua potable a partir de envases de 20 L de capacidad que se encontraban sellados de fábrica. El mayor porcentaje de BGNNF aislados pertenecía al complejo *Acinetobacter baumannii/calcoaceticus* (29,3%), seguido de *Pseudomonas aeruginosa* (17,4%), con moderada capacidad de formar biopelículas. Un porcentaje elevado de las muestras, no se ajustó a los parámetros microbiológicos establecidos en Gaceta Oficial N° 36.395 de la República Bolivariana de Venezuela.

11. Young-Rojanschi, Candice y otros. "Comparando el rendimiento de los filtros de bioarena operados con períodos de residencia de varios días". Canadá. 2014. Compararon el rendimiento de los filtros de biosanidad operados con periodos de residencia de varios días a escala de laboratorio, demostrando que no existió diferencias significativas en la eliminación de *E. coli*. Sin embargo, aumentaron los niveles de nitrito.

12. Bashir, Abdallah y otros. "Evaluación de la calidad bacteriológica del agua embotellada vendida en la tira de Gaza, Palestina". Palestina. 2013. Realizaron una investigación de la calidad bacteriológica de las aguas embotelladas y compararlo con los determinados en pequeña escala de las empresas de desalinización (RO) en la Franja de Gaza, reportando la presencia de bacterias coliformes totales fue detectable en el 75% de las aguas embotelladas localmente y en el 45,4% de las marcas importadas. Coliformes termotolerantes bacterias se detectaron, respectivamente, en el 75% de los indígenas y en el 27% de las aguas embotelladas importadas.

13. Gutiérrez, Daniela. "Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del Cantón Azogues". Ecuador. 2013. Realizó un estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua de las redes de distribución en las diferentes comunidades de la parroquia Guapán del cantón Azogues en Ecuador, demostraron que una de las redes no cumple con los parámetros microbiológicos para coliformes totales y fecales, y con los parámetros fisicoquímicos para cloro libre residual, turbiedad y color.

14. Kuchewar, A y otros. "Estudio comparativo sobre la eficiencia fisicoquímica y microbiológica de los filtros de agua domésticos". India. 2012. Demostraron que todos los filtros de agua son buenos para la eliminación de impurezas orgánicas

hasta cierto punto. Estos filtros de agua no logran reducir TDS, dureza, y cloruro. La mayoría de los filtros de agua mostraron eficacia de reducción microbiológica 95-98%.

15. Cajamarca, Byron y otros. "Control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del Cantón Cuenca, a través de microorganismos indicadores". Ecuador. 2011. Analizaron 82 muestras entre agua cruda, tratada y de inmuebles en Ecuador, obtuvieron que el 100% de las muestras son aptas para el consumo humano, el 98,54% cumplieron los estándares de calidad, presentándose únicamente la presencia de bacterias heterotróficas.

16. Hernández, Liseth y otros. "Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica". Costa Rica. 2011. Los resultados evidenciaron la importancia de involucrar otros factores del saneamiento ambiental cuando se analizan los riesgos de enfermar asociados al agua para consumo humano.

17. Khatoon, Amna y otros. "Calidad bacteriológica de las marcas de agua embotellada en Karachi, Pakistán". Pakistán. 2010. Evaluaron la calidad bacteriológica de 187 diferentes marcas de botellas de agua mineral que se comercializan en Karachi. Concluyeron que la presencia de bacterias coliformes en el agua potable sugiere la posible presencia de microorganismos entéricos patógenos que no son seguros para beber.

18. Chacón, Isvelia y otros. "Aislamiento de especies de *Pseudomonas* de las líneas de agua de las unidades odontológicas". Venezuela. 2008. En un estudio de líneas de agua de unidades odontológicas; en 25 muestras encontraron que el 56% de ellas se detectó fluorescencia, de las cuales el 12% resultaron positivas en Agar Cetrimide. Demostraron la presencia de *P. aeruginosa* y *P. fluorescens*, entre otros microorganismos patógenos al ser humano, en el agua proveniente de la jeringa triple, la turbina y el suministro externo.

19. Abad, Enidel y otros. "Calidad del agua potable en los edificios sector 5 urb. El Perú, ciudad Bolívar, Edo. Bolívar diciembre 2009-2010". Venezuela. 2010. Se evaluaron 12 muestras de los tanques de agua provenientes de la ciudad de Bolívar. Se concluye que aunque existe la presencia de coliformes totales y fecales con ausencia de *Escherichia coli*, el agua de estos tanques no está apta

para el consumo humano, ya que no cumplen con los indicadores de sanidad de agua potable dentro de lo establecido por los criterios de la OMS.

20. Martínez, Tobianny. “Calidad bacteriológica del agua potable envasada comercialmente. Ciudad Bolívar 2009 - 2010”. Venezuela. 2010. Determinaron la calidad de Agua Potable envasada comercialmente en Ciudad Bolívar, concluyeron que el agua potable envasada comercialmente para el período evaluado resultó apta para el consumo humano.

21. Vidal, Jhon y otros.”Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Sincelejo - Colombia”.Colombia. 2009. En sus estudios de evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Colombia, encontraron que en una de las marcas envasadoras había presencia de *P. aeruginosa* formando biopelículas.

22. Zamberlan Da Silva, María y otros. “Comparación de la calidad bacteriológica del agua del grifo y el agua mineral embotellada”. Brasil. 2008. Demostraron que el 36,4% de las muestras de agua del grifo de sistemas municipales de agua y 76,6% de las botellas de 20 L de agua mineral a partir de dispensadores de agua fueron contaminados por al menos una bacteria coliforme o indicador y/o al menos una bacteria patógena. La calidad bacteriológica del agua del grifo es superior en comparación con las botellas de 20 litros de agua mineral recogidos de dispensadores de agua y las muestras obtenidas de nuevas botellas de 20 litros de agua mineral antes de la instalación en los dispensadores.

23. Farache, Adalberto y otros. “Calidad microbiológica de aguas minerales en galones de 20 litros”. Brasil. 2008. Informaron que de 84 muestras de agua de bidones de 20 L procedentes de Brasil, el 15.5% de 8 marcas comerciales resultaron positivas para Coliformes Totales, de las cuales el 2.4% de 2 marcas comerciales fueron positivas para Coliformes fecales y *Escherichia coli*. En cuanto a *Pseudomonas aeruginosa*, el 9.5 % de las muestras de 6 marcas no cumplieron con la legislación. Además, el 61,9% de muestras de 21 marcas comerciales presentaron recuentos mayores a 500 UFC/mL de Bacterias Heterotróficas.

24. De Sousa, Cristina y otros. “Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control”. Venezuela. 2008. Concluye y recomienda que como estrategias para controlar la

contaminación bacteriológica se debe establecer un programa de mantenimiento en todo el sistema e incluso en los tanques de almacenamiento. También es necesario el control de la corrosión y de los niveles de nutrientes y realizar prácticas apropiadas de desinfección.

25. Díaz, Juan y otros. “¿El agua embotellada es adecuada para nuestro consumo? Venezuela. 2007. Investigaron la calidad de las aguas embotelladas en Venezuela, y determinaron que en muchas de las muestras analizadas había presencia de *Pseudomonas*, siendo esta agua un peligro potencial para la población que la consuma.

26. Vergaray, Germán y otros. “Coliformes injuriados en el agua de bebida de edificios de Lima-Cercado”. Perú. 2007. Demostraron que el agua proveniente de las edificios de Lima-Cercado y que es considerada apta por la Norma Técnica Peruana presentó contaminación por Coliformes totales y fecales injuriados en un 29.41% y 7.06%, respectivamente; y que la presencia de CLR no garantiza su inocuidad.

27. Sant`ana, Anderson y otros. “Calidad microbiológica de aguas minerales” Brasil. 2003. En un estudio de 44 muestras de agua mineral procedentes de Brasil, el 25% presentó contaminación por Coliformes Totales y el 20,4% por *Escherichia coli*, superando los límites máximos permisibles.

28. Marchand, Edgard. “Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana”. Perú. 2002. En un estudio realizado a 224 muestras de agua del sistema de abastecimiento y distribución en inmuebles, informó que el 17.86% de las muestras no cumplieron con las normas microbiológicas. Además se encontró *Pseudomonas aeruginosa* y *Streptococos* fecales, hallándose estos microorganismos en muchos de los casos, en ausencia de Coliformes. Concluyó que estos dos microorganismos indicadores pueden ser utilizados como indicadores complementarios de la calidad de agua de uso humano.

29. Reilly, Kevin y otros. “Relación entre el contaje bacteriológico y otros parámetros de calidad del agua tratada en sistemas de distribución”. Estados Unidos 2000. Demostraron que *P. aeruginosa* es capaz de sobrevivir y multiplicarse en aguas tratadas, esto es debido a una densa capa polisacárida que

establece una barrera no solo física, sino química capaz de proteger a la bacteria de las moléculas e iones de cloro libre residual.

30. Sagara, Junko. “Estudio de la filtración para el tratamiento de agua potable de punto de uso en Nepal”. Nepal. 2000. Estudió la filtración de agua potable en el punto de uso como una posible alternativa de tratamiento de agua potable en Nepal. Indicó que los sistemas de filtro tuvieron rendimientos de eliminación de turbidez muy alta. Todos los sistemas reducen el nivel de turbidez del agua a menos de 1 NTU. Sin embargo, la filtración de los propios procesos se observaron no ser adecuado en términos de eliminación de contaminantes microbianos.

31. Torres, Yuri. “Resistencia de *Pseudomonas aeruginosa* al cloro libre residual”. Colombia. 1991. Evaluó la resistencia de *P. aeruginosa* al cloro obteniendo su presencia en el agua potable y siendo de alto riesgo para la salud, en especial de los neonatos, de los pacientes hospitalizados e inmunodeficientes.

## **2.2 El agua y su importancia**

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para la existencia y conservación de los seres vivos, un líquido incoloro e insípido que se encuentra presente en muchos procesos químicos; como formación de nuevas sustancias y componentes reactivos que ayudan en la formación de metales, líquidos y gases (Iglesias C. *et al.* 2010, Montes AM. 2013). Convirtiéndose esencial para procesos biológicos y cotidianos, como son los fisiológicos, higienización corporal, la cocción, lavado de alimentos, y limpieza de superficies (Orozco PA. *et al.* 2013). Los océanos, mares, lagos, ríos y demás lugares que contienen agua, cubren las dos terceras partes de la tierra lo que constituye alrededor del 70%; sin embargo de toda el agua existente en la naturaleza la mayor parte es salada, y tan solo el 1% del agua es dulce convirtiéndose cada vez en un recurso más escaso, mientras que las necesidades de la humanidad son cada vez mayores. (Reascos. 2010b).

## **2.3 Fuentes de agua**

### **2.3.1 Aguas superficiales**

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra y proviene de las precipitaciones que no se infiltran ni regresan a la atmósfera por evaporación (Aucapiña *et al.* 2011b).

### **2.3.2 Aguas subterráneas**

Parte del agua de la lluvia se filtra a través de los espacios existentes en las formaciones rocosas, dando origen a corrientes subterráneas que pueden llegar a capas impermeables donde se acumulan y forman verdaderas lagunas en el subsuelo. La cantidad de agua superficial filtrada depende del aspecto físico-geográfico del terreno. Este tipo de agua puede permanecer bajo tierra durante cortos periodos o miles de años constituyéndose un reservorio natural (Aucapiña *et al.* 2011b).

### **2.3.3 Manantial**

El un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área restringida. Estos pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos directamente. Su localización está en relación con la naturaleza de las rocas, la disposición de los estratos permeables e impermeables y el perfil del relieve, ya que un manantial aparece donde el nivel freático se corta con la superficie de la tierra. Los manantiales pueden ser permanentes: son aquellos en que su caudal se encuentra permanente en sitios determinados durante tiempos indefinidos; o intermitentes: Son aquellos en los que su caudal pasa de ser muy escaso o nulo a ser muy importante durante breve tiempo, debido a que la descarga se hace a través de un sifón. Estos manantiales son exclusivos de las formaciones calcáreas. (Reascos *et al.* 2010).

### **2.4 Agua potable**

La OMS define al agua potable como “aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta la diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida” (OMS. 2004)

### **2.5 Contaminación del agua**

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre, debido a que es un fenómeno ambiental y que se inicia desde los primeros intentos de industrialización. Se entiende como contaminación a la alteración en la composición química, física y microbiológica, de tal manera que resulta menos apta para los propósitos en los cuales es empleada como consumo

humano, riego para la producción agropecuaria, la industria, generación de energía, entre otros ( Reascos *et al.* 2010).

La contaminación microbiana del agua constituye uno de los peligros más representativos, alterando la calidad del agua y provocando que la comunidad quede expuesta al riesgo de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Los excrementos pueden ser fuente de microorganismos patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Estos microorganismos pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta cuadros graves de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea, entre otras (Cajamarca *et al.*, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 80% de todas las enfermedades en el mundo en desarrollo, son causadas por la falta de agua limpia y saneamiento adecuado, siendo ésta una de las causas principales de enfermedades y muertes sobre todo en los niños (Plaza. 2015).

## **2.6 Contaminantes biológicos del agua**

Dentro de esta clasificación se encuentran los microorganismos parásitos, bacterias, hongos, virus, los cuales pueden llegar a ser patógenos causantes de enfermedades como fiebre tifoidea, hepatitis, disenterías (Neira *et al.* 2013)

## **2.7 Contaminantes químicos del agua**

Dentro de los contaminantes químicos se encuentra los detergentes sintéticos y fertilizantes ricos en fosfatos; pesticidas orgánicos como el DDT, aldrín, dieldrín, etc; productos químicos inorgánicos como los nitratos, nitritos, fluoruros, arsénico, selenio, mercurio; petróleo y sus derivados como el alquitrán, aceites, combustibles. (Neira *et al.* 2013)

## **2.8 Calidad del agua**

El control de la potabilidad y calidad del agua es muy importante, ya que esta es vehículo de transmisión de enfermedades producidas por patógenos intestinales, como bacterias (disentería, cólera, leptospirosis), virus (hepatitis, poliomeilitis), protozoos (amebiasis, giardiasis) y helmintos (hidatidosis, bilarsiasis); o por contaminación fisicoquímica debido a la aparición de sustancias no deseables o que siendo elementos de la composición habitual del agua superan la concentración máxima admisible (Arboleda. 2000).

Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de consumo, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, potencialmente, a una gran proporción de la comunidad (OMS. 2006).

### **2.8.1 Parámetros de la calidad química del agua**

- pH: Concentraciones de protones (H<sup>+</sup>). Los valores de pH de 6,5 - 8,5 son aptos para consumo humano.
- Cloro: El cloro es un gas de color amarillo verdoso que se disuelve fácilmente en agua. Olor nocivo que algunas personas pueden detectar a concentraciones por encima de 0,3 partes por millón. (USEPA. 2012).

### **2.8.2 Parámetros de la calidad microbiológica del agua**

- Coliformes Totales: comprende los bacilos Gram negativos aerobios o anaerobios facultativos, oxidasa negativa, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h a 35°C ± 1°C. Este grupo está conformado por cuatro géneros principalmente: Enterobacter, Escherichia, Citrobacter y Klebsiella. (Grüber y Mata 2010).
- Coliformes Termotolerantes: Son bacterias Gram negativas, aerobios o anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa en forma de gas cuando en un medio de cultivo se incuban a 44 - 45 °C.
- *Escherichia coli*: es un bacilo corto Gram negativo capaz de fermentar lactosa a una temperatura de 44°C y 44,5°C.
- Helmintos: conjunto de parásitos obligatorios del tracto intestinal y otros vertebrados pertenecen al grupo de los nematodos. En los seres humanos las helmintiasis intestinales representan colectivamente las infecciones parasitarias más predominantes.
- Recuento en placa de bacterias heterotróficas: son indicadoras de la calidad microbiológica general del agua. Estas bacterias indican un deterioro de la calidad de agua en la red.
- *Pseudomonas aeruginosa*: es un bacilo con un flagelo polar, produce catalasa y oxidasa, así como amoniaco a partir de la arginina, y puede

utilizar citrato como única fuente de carbono (Carrillo. 2003). Produce dos pigmentos útiles; la piocina, que puede colorear de azul-verdoso y la pioverdina (fluorescencia), pigmento amarillo verdoso que presenta fluorescencia bajo la luz ultravioleta, usada para su identificación microorganismo. (Castillo *et al.* 2009).

## 2.9 Enfermedades producidas por la contaminación del agua

La contaminación microbiana constituye uno de los peligros más representativos, la cula puede generarse por contaminación de aguas servidas y excretas del hombre y animales; siendo el mayor riesgo si encontramos microorganismos patógenos que se encuentran viables y con capacidad de producir enfermedad (Fewtrell. 1993). (véase el cuadro 2.1 y el cuadro 2.2 en la página 27).

**Cuadro 2.1**

### Enfermedades y síntomas ocasionados por bacterias

ENFERMEDAD	SÍNTOMA
Aeromonas spp.	Diarrea muy líquida, con sangre y moco
Campylobacter jejuni Campilobacteriosis	Gripe, diarreas, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas.
Escherichia coli	Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebres, uremia, daños hepáticos.
Plesiomonas shigelloides Plesiomonas-infección	Dolores de estómagos, diarrea, fiebre, a veces vómitos.
Salmonella tify	Fiebre tifoidea
Salmonella spp. Salmonelosis	Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leve.
Streptococcus spp	Dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos.
Vibrio El Tor (agua dulce)	Fuerte diarrea

Fuente: Reascos *et al.* 2010

**Cuadro 2.2**

**Enfermedades y síntomas ocasionados por parásitos**

<b>ENFERMEDAD</b>	<b>SÍNTOMA</b>
<i>Entamoeba</i> Disentería amebiana	Fuerte diarrea, dolor de cabeza, dolor abdominal, escalofríos, fiebre.
<i>Cryptosporidium parvum</i> Criptosporidiosis	Sensación de mareo, vómitos, diarrea acuosa, falta de apetito.
<i>Giardia lamblia</i> Giardiosis	Diarrea, calambres abdominales, flatulencia, eructos, fatiga

Fuente: Reascos *et al.* 2010

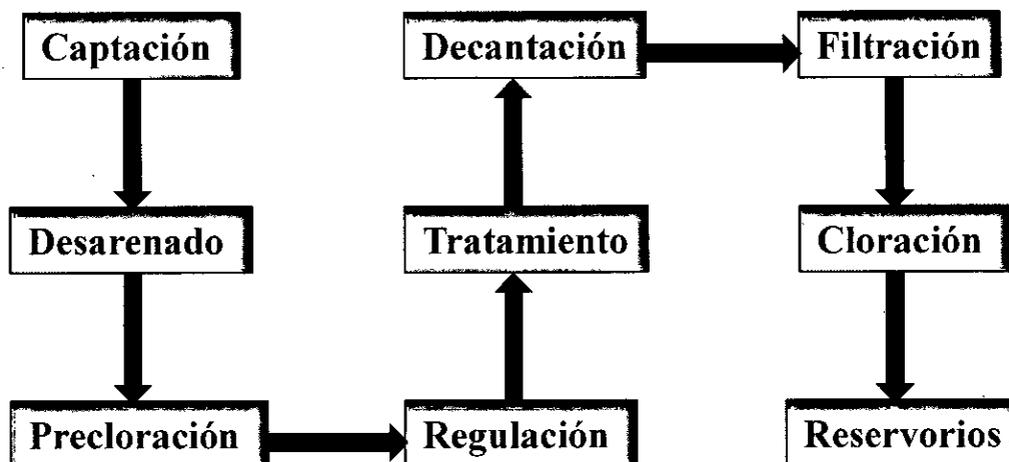
**2.10 Tecnologías utilizadas en el tratamiento del agua**

**2.10.1 Tecnología aplicada en el proceso de potabilización del agua en la planta de tratamiento La Atarjea.**

La planta de tratamiento de agua para consumo humano de La Atarjea, aplica procesos de potabilización que han sido seleccionados en función a las características de calidad química y biológica del río Rimac; la captación del agua se realiza a través de las bocatomas, que se ubican en el río Rimac, en ella se realiza una serie de procesos de tratamiento físico y químico para lograr la vital producción de agua potable a través de las diferentes unidades de tratamiento que intervienen como son los desarenadores, estanques reguladores y los sistemas de decantación y filtración (véase la figura 2.1, en la página 28).

**Figura 2.1**

**Flujograma de proceso de tratamiento del agua**



Fuente: SEDAPAL-Lima.

- Sistema de abastecimiento y distribución del agua en edificaciones.

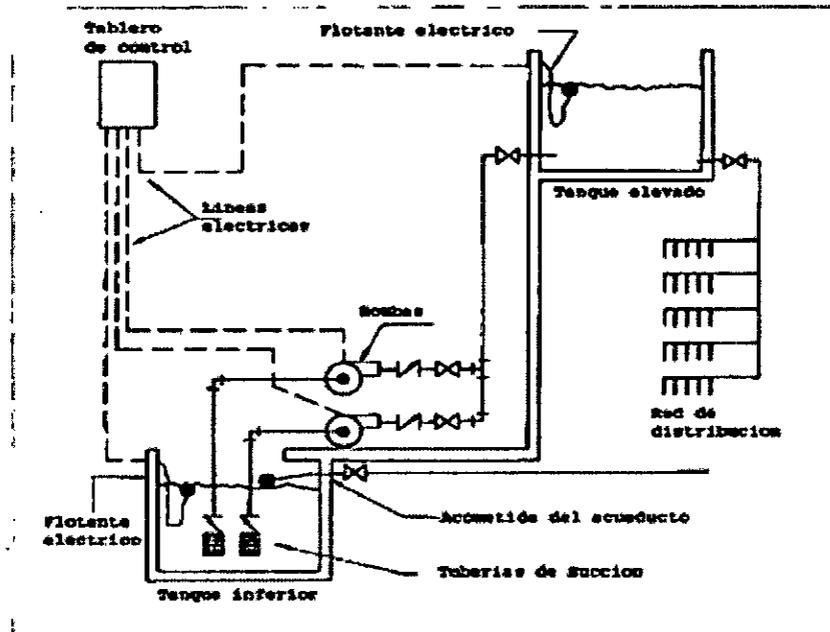
**Conexiones domiciliarias-** Es un conjunto de tubos y accesorios que se instalan a partir de la red de distribución, al interior de la vivienda. La conexión consta de las siguientes partes: 1. Elemento de toma, que puede ser una te o una abrazadera. 2. Elemento de conducción. 3. Elemento de control, constituido por una válvula de compuerta o de paso a la entrada de la vivienda. 4. Conexión al interior de la vivienda (distribución interna).

El fin de una instalación de suministro de agua es aportar y distribuir el agua a los puntos de consumo dentro de los edificios. Consiste en una red de conductos que acomete a la red de suministro urbano de aguas y la distribuye mediante conducciones.

Es una red que funciona a presión, que puede venir dada directamente por la red urbana o, cuando es insuficiente, mediante un grupo de presión (o grupo sobre elevador) situado en el propio edificio (véase la figura 2.2, en la página 29).

Figura 2.2

Secuencia del agua en una edificación



Fuente: Instalaciones de agua potable en casas y edificios. Sistemas de bombeo.

2.10.2 Tecnología del agua en una planta embotelladora.

Proceso de envasado. Los tratamientos permitidos durante el proceso de envasado del agua mineral son muy pocos, la tecnología que se requiere es relativamente sencilla. Toda inversión realizada en una planta de envasado tiene por finalidad conseguir un producto final con unas características idénticas a las que tiene el producto en su punto de emergencia, y llevarla así, tal cual, a la mesa del consumidor. (López. 2002).

La captación. Algunas plantas de envasado están alimentadas de un manantial espontáneo natural o pozo artesiano, en el que el agua brota por su propia presión. En otros casos, es preciso hacer uso de bombas impulsoras para extraer el agua del subsuelo. En este último caso, es esencial mantener un protocolo de limpieza y desinfección del grupo impulsor para prevenir todo tipo de contaminación de la captación. El manantial debe poseer un perímetro de protección concedido por la administración competente con el fin de evitar determinadas actuaciones que puedan perjudicar a la "salud" de la captación.

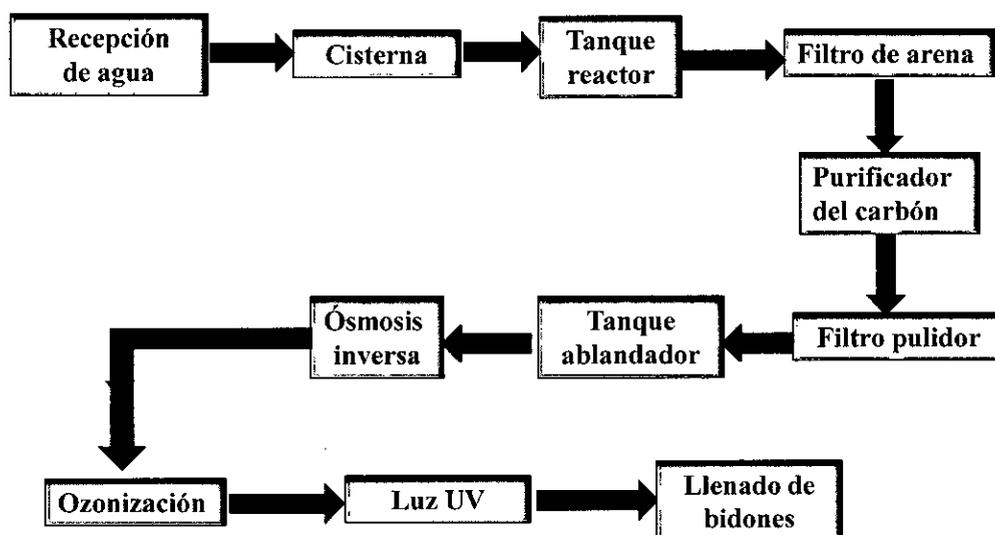
Conducción. La conducción del agua desde el punto de emergencia hasta la planta de envasado debe ser de un material apto para el contacto con alimentos, como el

acero inoxidable, algunos materiales plásticos, etc. En cualquier caso, la conducción debe ser inspeccionable, cerrada, continua y estar totalmente protegida frente a la eventual contaminación.

Tratamientos. Para las aguas minerales se permite la oxigenación, decantación y/o filtración para la separación de elementos inestables, tales como el hierro, azufre y otros, siempre que dicho tratamiento no persiga modificar la composición de aquellos constituyentes del agua que le confieren sus propiedades esenciales. Se permite también, en este tipo de aguas, la adición o eliminación de anhídrido carbónico, así como la separación de compuestos de hierro, manganeso y arsénico por aire enriquecido en ozono (López. 2002) (véase la figura 2.3).

**Figura 2.3**

**Proceso de tratamiento del agua en una planta envasadora**



Fuente: Pure Water@, Guide water purification process, USA 2009.

### **2.10.3 Tecnología de los filtros purificadores en el tratamiento del agua.**

La filtración es un proceso de separar un sólido de un líquido en el que está suspendido al hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente. (Barraque. 1979).

La filtración se aplica cuando la cantidad de materias que deben retenerse es grande y la dimensión de las partículas contenidas en el agua menores a 0.02mm, asumiendo una fuente de buena calidad y sin contaminación. (Vidal, 2010).

El carbón activado es un sólido que tiene dos propiedades que lo han hecho muy útil en el tratamiento de aguas. La primera consiste en que atrapa todo tipo de contaminantes orgánicos en sus paredes. La segunda, es que destruye el cloro libre residual que no ha reaccionado después de que dicho compuesto haya realizado una acción desinfectante.

En relación al control de microorganismos, existen diversos métodos, como la cloración, la ultrafiltración, la ozonización, el calor y la radiación ultravioleta. Los más utilizados son la cloración y la radiación ultravioleta. En el caso de la cloración se utiliza carbón activado granular para eliminar el cloro residual. (Manual del carbón activo) (véase la figura 2.4).

**Figura 2.4**

**Filtros domésticos**



Fuente: Terra Ecología Practica. 2005.

### **2.11 Definiciones de términos básicos**

- **Agua de grifo o caño:** agua de la red intradomiciliaria (DESA-DISA 2006).
- **Agua inocua.** Agua que al ser consumida no ocasiona ningún daño.
- **Agua mineral natural no carbonatada.** Agua mineral natural que por su naturaleza y después de un posible tratamiento y de su envasado, no

contiene CO<sub>2</sub> libre en una medida que no exceda la cantidad necesaria para mantener presente los iones HCO<sub>3</sub> disueltos en agua.

- **Agua potable.** Agua para el consumo humano que debe ser consumida sin restricción para beber o preparar alimentos.
- **Agua tratada.** Agua que acaba de recibir todos o parte de los tratamientos artificiales que sean necesarios para su purificación (DESA-DISA 2006).
- **APHA.** American Public Health Association.
- **Bacterias heterotróficas.** Microorganismos que viven a partir de sustancias fabricadas por otros seres vivos.
- **Biopelículas.** Son comunidades de microorganismos que se encuentran agregados en un exopolímero compuesto de glicocálix en un 75% y que se organizan en forma de colonias adheridas a diferentes superficies, ya sean blandas, animadas e inanimadas.
- **Calidad microbiana del agua.** Es el conjunto de requisitos microbiológicos que debe reunir un alimento para ser considerado apto para el consumo humano.
- **Cloro libre residual.** Parte de cloro libre o mezclado, que se mantiene activo luego de un periodo determinado.
- **Coliformes fecales.** Microorganismos fermentadores e indicadores de contaminación fecal que crecen a una temperatura de 44.5°C.
- **Coliformes totales.** Incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos 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.
- **Contaminación microbiana.** Cuando el causante de una alteración en el agua o alimentos es cualquier agente biológico.
- **Criterio microbiológico.** Define la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basado en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, por unidad de masa, volumen, superficie o lote.
- **Desinfección del agua.** Proceso que permite destruir la mayoría de microorganismos presentes en el agua.

- **Filtración del agua.** Es un proceso en el cual las partículas sólidas se separan y quedan retenidas por el medio filtrante o filtro.
- **Filtro.** Elemento o dispositivo que selecciona determinados materiales o energía en paso, en tanto quedan retenidos otros.
- **Inocuidad.** Garantía de que el agua no causará daño al consumidor cuando se consuma de acuerdo con el uso a que se destinan.
- **Límite máximo permisible.** Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión que al ser excedido, causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.
- **Medida preventiva.** Cualquier factor que pueda utilizarse para controlar, prevenir o identificar un riesgo o peligro.
- **Microorganismo indicador.** Pone de manifiesto las deficiencias en la calidad microbiológica del producto y que su presencia permite detectar la presencia de un patógeno.
- **Microorganismo patógeno.** Aquellos que pueden producir una enfermedad a través del consumo del agua.
- **Muestra.** Es un subconjunto de la población, que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, por lo que interesa que sea un reflejo de la población, que sea representativa y adecuada.
- **Muestreo.** Es una herramienta de la investigación científica cuya función básica es determinar que parte de una realidad en estudio debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.
- **NMP.** Número Más Probable.
- **Peligro.** Agente biológico, químico o físico presente en un alimento, o condición de dicho alimento, que pueden ocasionar un efecto nocivo para la salud.
- **Proceso.** Es el conjunto de etapas en las que se trata el agua para que se vuelva apta para el consumo humano.
- ***Pseudomonas aeruginosa.*** Se incluye dentro del grupo general de microorganismos quimioheterótrofos aeróbicos Gram negativos. Son

Bacilos flagelados, su tamaño oscila entre 0,5 - 1  $\mu\text{m}$  de ancho por 1,5 - 4  $\mu\text{m}$  de largo.

- **Requisito microbiológico.** Está conformado por el grupo de alimento al que se aplica el criterio, los agentes microbiológicos a controlar en los distintos grupos de alimentos, el plan de muestreo que ha de aplicarse al lote o lotes de alimentos y los límites microbiológicos establecidos para los grupos de alimentos.
- **Riesgo.** Función de probabilidad de que se produzca un efecto adverso para la salud y de la de dicho efecto, como consecuencia de la presencia de un peligro o peligros en los alimentos.
- **Tratamiento.** El objetivo es transformar el agua captada en un agua que se adecue a los valores paramétricos exigidos para las aguas de consumo humano mediante los tratamientos mecánicos, físicos o químicos.

### **III. VARIABLES E HIPÓTESIS**

#### **3.1 Definición de las variables**

##### **Variable dependiente.**

**X:** Calidad microbiana del agua potable para consumo humano.

##### **Variables independientes**

**Y1:** Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos para el agua potable de grifos intradomiciliarios.

**Y2:** Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos para el agua potable filtrada.

**Y3:** Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos para el agua envasada no carbonatada de bidones de 20 L.

### 3.2 Operacionalización de variables

**Cuadro 3.1**  
**VARIABLES Y DIMENSIONES**

<b>VARIABLES (Dimensión conceptual)</b>	<b>Definición</b>	<b>Tipos de variable (Dimensión operacional)</b>	<b>Escalas de medición</b>	<b>Valores de medición</b>	<b>Criterios</b>
<b>Dependiente</b>	Calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo humano en el Cercado de Lima.	Cualitativa – Nominal – Dicotómica	Nominal	Porcentajes positivas Porcentajes negativas	No Conforme Conforme
<b>Independiente</b>	Calidad microbiana del agua que proviene de la planta de tratamiento de La Atarjea y que se recepciona de grifos intradomiciliarios.	Cualitativa, Cuantitativa	Nominal, Razón	500UFC/ml; <1.1NMP/100ml; < 1org/L;	Conforme No conforme
	Calidad microbiana del agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo	Cualitativa, Cuantitativa	Nominal, Razón	10UFC/ml; <1.1NMP/100ml; <1org/L;	Conforme No conforme
	Calidad microbiana del agua envasada no carbonatada en bidones de 20 L.	Cualitativa, Cuantitativa	Nominal, Razón	10UFC/ml; <1.1NMP/100ml; <1org/L;	Conforme No conforme

### **3.3 Hipótesis**

#### **3.3.1 Hipótesis general**

- La calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo humano mejorará con el tratamiento aplicado.

#### **3.3.2 Hipótesis específicas**

- La inadecuada limpieza, remoción y desinfección del sistema de abastecimiento disminuirán la calidad microbiana del agua de grifo intradomiciliario.
- El uso de filtros por tiempos prolongados y la deficiente desinfección de los mismos aumentarán la contaminación microbiana del agua potable filtrada.
- La exposición ambiental y el almacenamiento inadecuado de los bidones abiertos favorecerán el desarrollo de los microorganismos afectando la calidad microbiana del agua de mesa envasada no carbonatada.

## **IV. METODOLOGÍA.**

### **4.1. Tipo de investigación**

De acuerdo a los objetivos de la investigación y naturaleza del problema, el desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo a través de un enfoque de tipo descriptiva - correlacional y comparativa, ya que a través de los datos obtenidos, algunas muestras presentaron contaminación y otras no por microorganismos indicadores y patógenos, lo cual nos permitió relacionar y comparar la calidad microbiana de los tres tipos de agua de mayor consumo que sirven de bebida para la población humana.

### **4.2 Diseño de investigación**

Se seleccionaron los edificios, viviendas y centros de trabajo de una zona del Cercado de Lima, que consumen 3 tipos de agua; agua potable de grifos, agua potable filtrada y agua envasada no carbonatada en bidones de 20 L. Se recolectaron 150 muestras, las cuales fueron rotuladas con su respectivo código en frascos estériles y transportadas al laboratorio en cooler refrigerado a 4°C para su posterior análisis.

El análisis fisicoquímico se realizó in situ, con la medición de cloro libre residual y la medición del pH en el laboratorio mediante el uso de las tiras reactivas indicadoras.

El análisis microbiológico se realizó en el laboratorio, el cual consistió en las siguientes etapas: etapa presuntiva, etapa confirmativa y de identificación. Se aplicaron métodos cuantitativos y semicuantitativos para determinar la cantidad de microorganismos indicadores y patógenos presentes en los tipos de agua, de acuerdo al Standard Methods – APHA – 2012.

### **4.3 Población y muestra**

El distrito del Cercado de Lima está dividido en 6 casas vecinales (véase el cuadro 4.1, en la página 39), de las cuales se escogió la zona “E” (véase la figura 4.1, en la página 40) conformada por la Unidad vecinal 3.

Se seleccionaron las familias que consumieron agua potable de grifos intradomiciliarios, agua potable filtrada y agua envasada no carbonatada en bidones de 20 L durante los meses de enero 2016 a febrero del 2107.

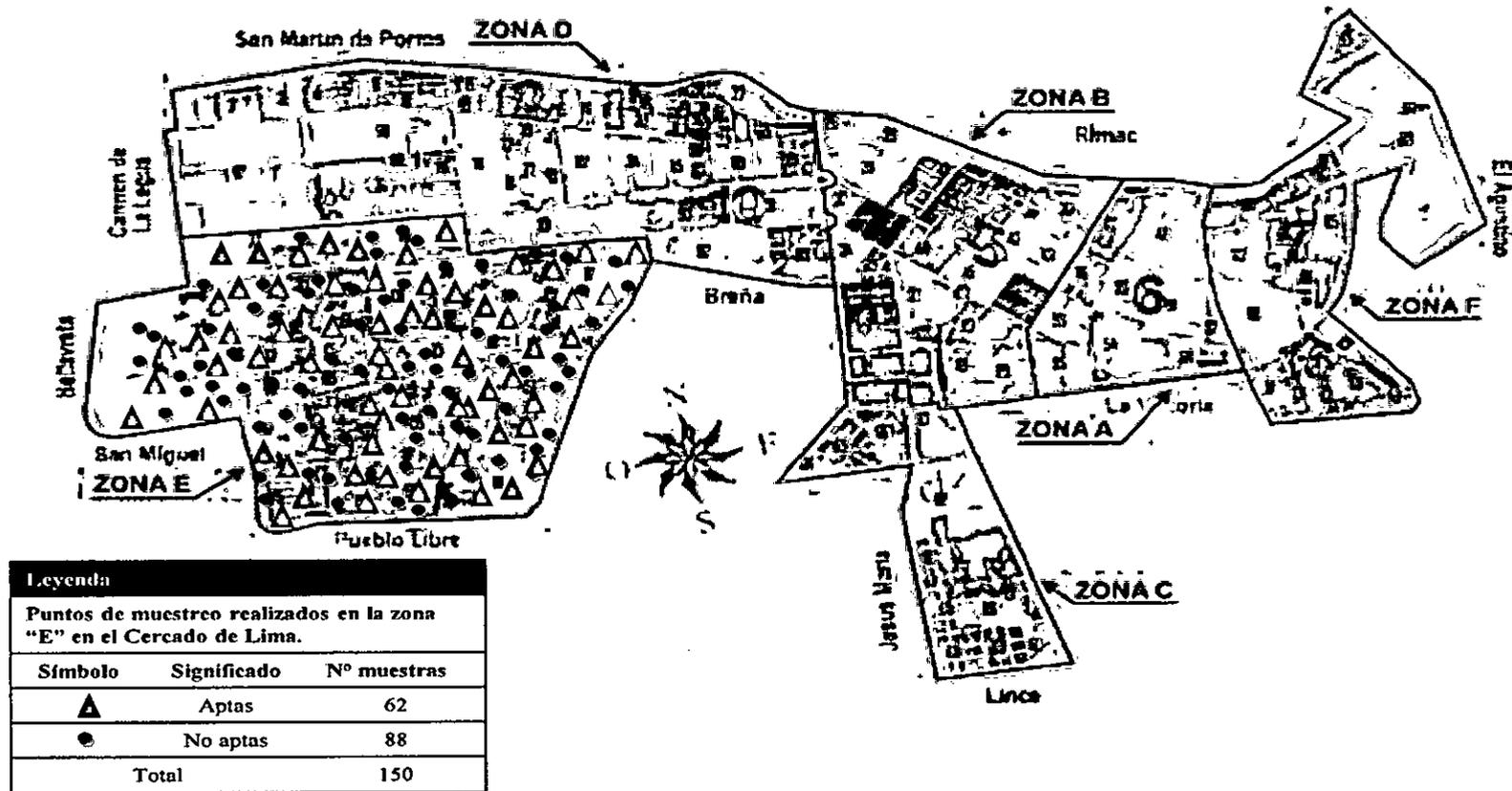
### Cuadro 4.1

#### Zonificación del Cercado de Lima.

<b>Casa vecinal 1</b>	Centro Histórico de Lima, incluido el Damerao de Pizarro, Mercado central y Mesa redonda
<b>Casa vecinal 2</b>	Plaza Bolognesi y Paseo Colón, Barrio El Triángulo y Santa Beatriz
<b>Casa vecinal 3</b>	Unidades Vecinales Mirones Alto y Bajo y la Unidad Vecinal 3
<b>Casa vecinal 4</b>	Barrios Altos, incluido el Barrio de Manzanilla
<b>Casa vecinal 5</b>	Incluye las Urbanizaciones entre la Av. Venezuela y Av. Tingo María, Av. Mariano Cornejo y Av. Universitaria.
<b>Casa vecinal 6</b>	Comprende 14 AA.HH y Urbanizaciones ubicadas en la margen izquierda del río Rímac, las 7 primeras cuadras de la Av. Argentinas hasta la Av. Colonial.

Figura 4.1

Mapa de zonificación del Cercado de Lima.



### **Cálculo del tamaño de la muestra.**

El cálculo de las muestras se realizó en base a una población infinita y desconocida. Cuando no se conocen los valores de “p” y “q” se asume p=50% éxito y q=50% fracaso. La fórmula se expresa a continuación:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{i^2}$$

Donde:

n= Número de muestras

z<sup>2</sup>= valor correspondiente a la distribución de Gauss (1.96 para 95% nivel de confianza)

p= 0.5 Prevalencia esperada del parámetro a evaluar. En caso de desconocerse aplicar la ecuación más desfavorable que hace mayor el tamaño muestral.

q= 1 – p = 0.5

i<sup>2</sup>= 0.08 (error que se puede cometer)

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot (0.5)(0.5)}{(0.08)^2}$$

$$n = \frac{0.9604}{0.064}$$

$$n = 150$$

#### **4.3.1 Recolección de muestras**

Se recolectaron 150 muestras de los tres tipos de agua sometidas a diferentes tecnologías de tratamiento industrial: 50 muestras de 1 L de agua de grifos intradomiciliarios, 50 muestras de 1 L de agua potable filtrada y 50 muestras de 1 L de agua envasada no carbonatada a partir de bidones de 20 L de capacidad que se encontraron abiertos, procedentes de centros de trabajo y oficinas.

- **Toma de muestra de agua de grifos intradomiciliarios**

Se recolectaron muestras provenientes de la red pública que descargan en el grifo de la vivienda. Se desinfectaron los puntos de descarga con alcohol de 70° y dejando fluir el agua durante 2 a 3 minutos, limpiando de esta manera la línea del servicio.

- **Toma de muestra de agua potable filtrada**

Se recolectaron muestras de agua de grifos provenientes de la red pública que tienen instalados filtros domésticos. Se desinfectaron los puntos de descarga con alcohol de 70° y dejando fluir el agua durante 2 a 3 minutos, limpiando de esta manera la línea del servicio.

- **Toma de muestra de agua envasada no carbonatada en bidones**

Se tomaron muestras de agua envasada no carbonatada dispensada en bidones de 20 L. Se desinfectó la llave de descarga del agua con alcohol de 70° y dejando fluir el agua durante 2 a 3 minutos.

#### **4.3.2 Material de laboratorio**

- Cepas de referencia
- *Escherichia coli* ATCC 25922
- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 4128
- Material de vidrio
- Frascos de vidrio tapa rosca estériles 250 mL de capacidad.
- Frascos de vidrio tapa rosca estériles 1 L de capacidad.
- Copas de sedimentación
- Encendedor de propano.
- Marcadores.
- Guantes.
- Tapa boca.

- Placas de Petri.
- Pinza estéril
- Tubos de Ensayo.
- Laminas porta y cubre
- Gradillas.
- Pipetas de 1, 5, y 10 ml.
- Asas microbiológicas.
- Mechero de Bunsen.
- Lámpara UV

**Medios de cultivo: (marca comercial, HiMedia® Laboratorios, Microgen)**

- Agua peptonada al 0,1%
- Agua triptonada
- Agar Plate Count.
- Agar tripticasa Soya (TSA)
- Caldo Asparagina concentración doble (2x)
- Caldo Asparagina concentración simple (x)
- Caldo Brain heart infusion (BHI)
- Caldo lauril sulfato triptosa concentración doble (2x).
- Caldo lauril sulfato triptosa concentración simple (x)
- Caldo lactosa bilis verde brillante (CB).
- Caldo *Escherichia coli* (CEC).
- Caldo tripticasa soya (TSB)
- Agar acetamide

**Reactivos:**

- Reactivo de Kovac`s
- Alcohol 70°
- Tiras reactivas de pH
- DPD (N-N dietil p-difeniladamina)-Chlorine Test- Merck
- Tiosulfato de sodio al 3%

**Equipos:**

- Baño maría calibrada a  $44.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$

- Estufa calibrada a  $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .
- Estufa calibrada a  $44.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$
- Autoclave calibrada a  $121^\circ\text{C}$  por minutos.
- Refrigeradora
- Contador de colonias
- Centrifuga 1500rpm/15 min

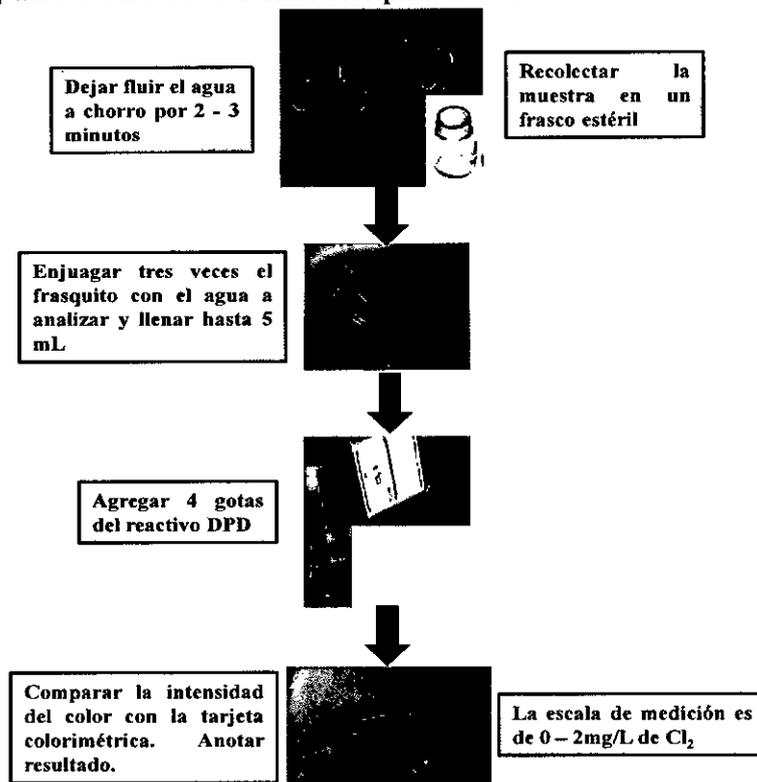
#### 4.3.3 Métodos

Para la recolección, conservación y transporte de la muestra se tomaron en cuenta las recomendaciones citadas por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA 2012). Se determinó el cloro libre residual in situ mediante la técnica DPD (N, N dietil-p-fenildiamina) Merck, el cual es un método colorimétrico que consiste en colocar 4 gotas del reactivo en 5 mL del agua a analizar, la intensidad del color resultante se compara con la tarjeta colorimétrica y se anota el resultado (véase la figura 4.2).

El pH también se midió con las tiras reactivas. Las muestras se recolectaron en frascos estériles con tapa rosca que contienen 0,1 ml de tiosulfato de sodio al 3%.

Figura 4 2

Flujograma del método colorimétrico para la determinación de cloro libre residual



Las muestras obtenidas fueron rotuladas con una etiqueta que incluyó: código de la muestra, fecha, hora, lugar de muestreo.

Los códigos de las muestras se asignaron de manera consecutiva, de acuerdo a las fechas de entradas de dichas muestras.

Posteriormente las muestras se almacenaron en un cooler con gel pack para asegurar que la temperatura sea de 8°C, hasta su llegada al laboratorio.

Los análisis microbiológicos se realizaron dentro de las 24 horas siguientes al muestreo en el Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, Aguas y Ambiente e Inspección Higiénico-Sanitaria de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

#### **4.3.4 Análisis microbiológicos**

Los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo a las técnicas descritas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2012) y se consideraron los siguientes parámetros: bacterias heterotróficas por el método de recuento en placa, para Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* por el método del Numero Más Probable (NMP) y para huevos de helmintos la técnica de sedimentación-flotación según la OPS/CEPIS-1983.

##### **- Recuento en placa de bacterias heterotróficas.**

Para la determinación de bacterias heterotróficas se realizaron diluciones seriadas de las muestras respectivas, en agua peptonada al 0.1% hasta la dilución  $10^{-3}$ .

Posteriormente, se colocó 1 mL de la muestra de agua en placas de Petri por duplicado, se añadió 15 mL de agar Plate Count previamente fundido y temperado a 45-50°C. Se mezcló por rotación suave y se dejó solidificar sobre una superficie plana. Se incubaron estas placas a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  de 24 a 48 horas. Se seleccionaron las placas de las diluciones que contengan entre 30 y 300 colonias y se calculó el recuento de microorganismos en la muestra tomando en cuenta el promedio del duplicado (UFC/mL) y la dilución respectiva (véase el cuadro 4.2, en la página 46). Se trabajó de acuerdo a la metodología descrita por el Standard Methods 2012. (véase la figura 4.3, en la página 47).

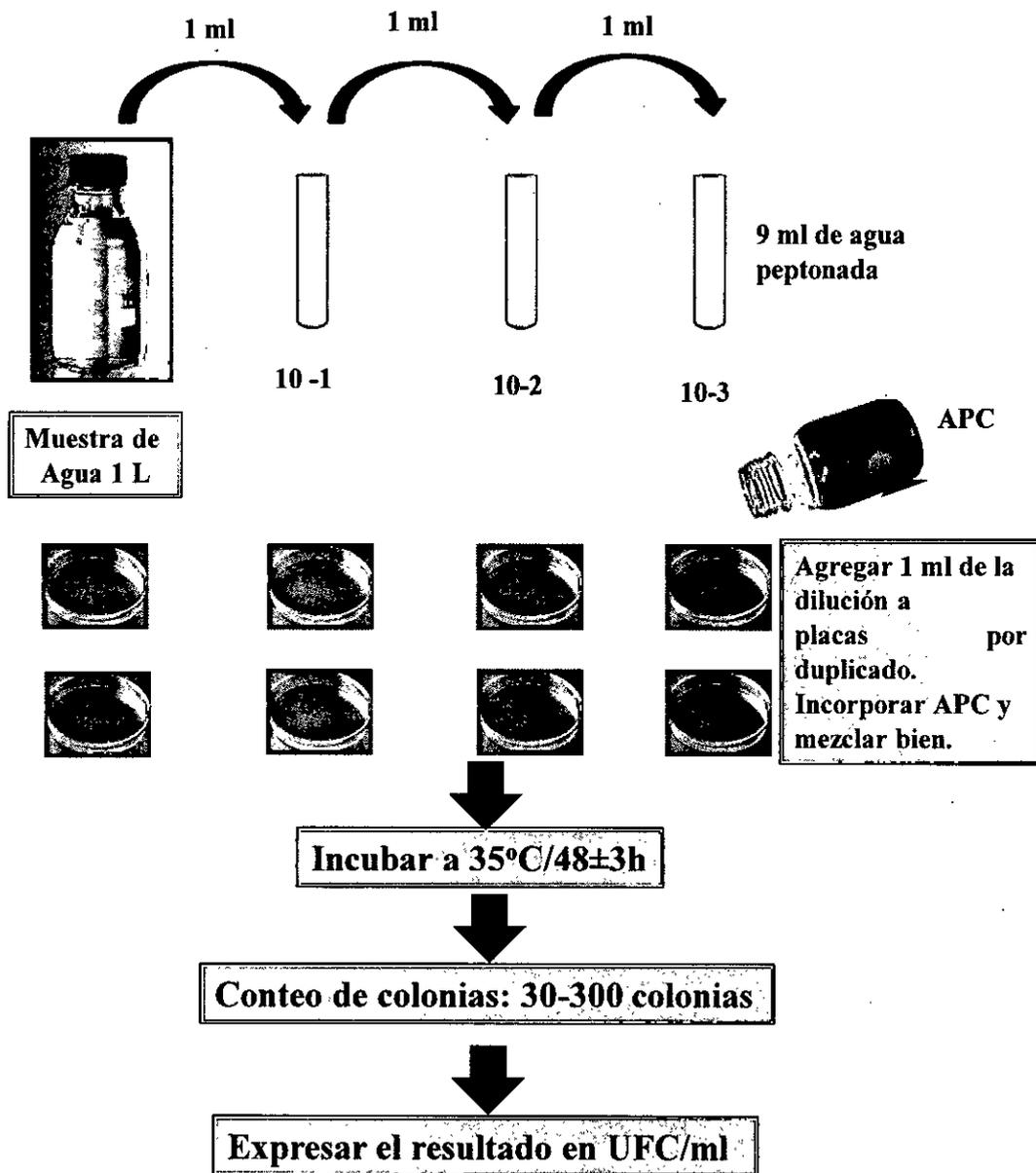
**Cuadro 4.2**

**Expresión resultados para bacterias heterotróficas**

<p><b>Si no hay crecimiento de colonias</b></p>	<p>Si no se observan colonias en ninguna de las placas sembradas, el resultado no fue de 0 (cero) UFC/ml, sino que fue referido al menor grado de dilución sembrado. En el presente experimento éste es de <math>10^0</math>, por lo tanto el resultado fue <math>&lt; 1\text{UFC/mL}</math>.</p>
<p><b>Si el número de colonias por placa excede los 300 UFC</b></p>	<p>Si hay menos de 10 UFC por cuadrado cuente trece cuadrillos (7 horizontales y 6 verticales) multiplique por 5 y aplique el factor de dilución, para obtener el número de colonias por placa.</p>
	<p>Si hay más de 10 UFC por cuadrado, cuente 4 cuadrillos y el promedio multiplíquelo por 57 (para placas descartables) y 65 para placas de vidrio.</p>
	<p>Si el número de colonias por cuadrado es mayor que 100 reporte para placas de vidrio como Mayor de 6500 dividido entre el volumen más pequeño inoculado; para placa descartable como Menor de 5700 dividido entre el volumen de muestra más pequeño.</p>
<p><b>Placas con menos de 30 UFC</b></p>	<p>Se eligen las placas de la dilución más baja. Ejemplo en <math>10^{-1}</math> tengo 20 colonias. En <math>10^{-2}</math> tengo 9 colonias. Deben utilizarse únicamente dos cifras significativas. Se reporta <math>20 \times 10 = 200 = 20 \times 10</math> Est UFC/mL</p>
<p><b>Placas entre 30 y 300UFC</b></p>	<p>Se hace el recuento para cada placa duplicada por dilución de la siguiente manera:  <math>\text{UFC/mL} = \text{N}^\circ \text{ de colonias} \times \text{inverso de la dilución}</math></p>

Figura 4 3

Flujograma de metodología empleada para el recuento de bacterias heterotróficas de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF



- **Numeración de Coliformes Totales por el método del Numero Más Probable (NMP).**

La determinación de coliformes totales por el método del Numero Más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de gas al incubarlos a  $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 48 h. Su análisis requiere la etapa presuntiva y confirmativa.

Para su análisis se realizaron diluciones decimales de cada muestra en tubos con agua peptonada al 0.1%: para la prueba presuntiva se preparó para cada muestra tubos de caldo lauril sulfato triptosa (CLS) con tubos campana de Durham invertidos: 5 de doble concentración (2x) y de concentración simple (x). Se inocularon volúmenes de 10ml de muestra en cada uno de los tubos de CLS (2x) y un volumen de 1ml a cada tubo con CLS (x). Luego se incubaron a  $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por  $24\pm 2\text{h}$ . Se examinó la presencia de turbidez y/o gas, los tubos que no presentaron turbidez y/o gas se reincubaron por  $48\pm 3\text{h}$ . Se consideró como positivos a los tubos con crecimiento y/o gas.

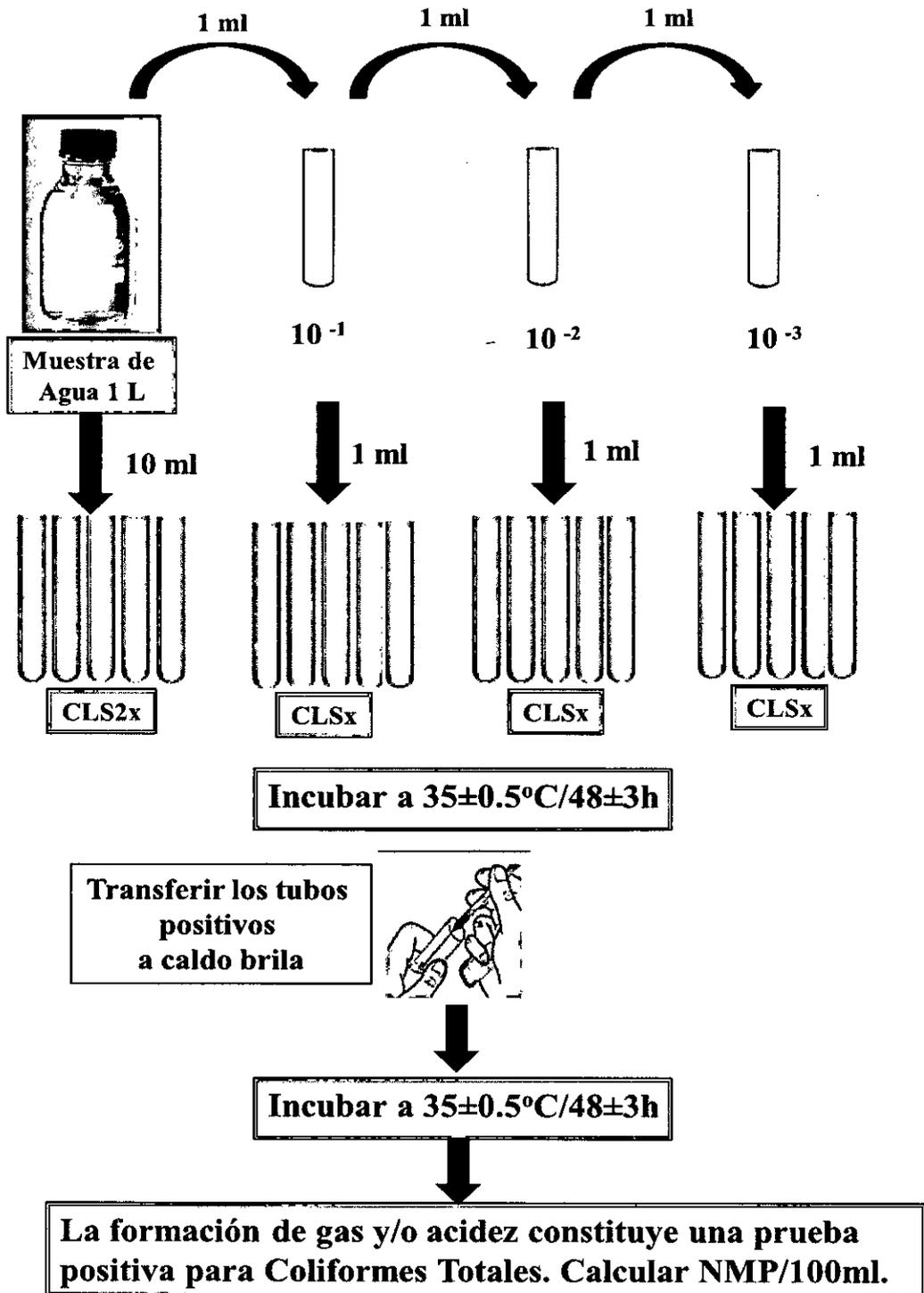
Para la etapa confirmativa, de los tubos positivos se transfirió una a tres asadas asada en tubos con Caldo brila con campana de Durham invertido y se incubó a  $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por  $48\pm 3\text{h}$ . La formación de gas dentro de las 24 - 48 h se consideraron como positivos para la fase confirmativa. Se trabajó de acuerdo a la metodología descrita por el Standard Methods 2012 (véase la figura 4.4, en la página 49).

Para facilitar la interpretación de resultados se usaron cepas de referencia: *Escherichia coli* ATCC 25922 como control positivo y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 como control negativo.

Figura 4.4

Flujograma de metodología empleada para numeración de coliformes totales de acuerdo al

Standard Methods AWWA-WEF-2012



Se registró el número de tubos positivos de cada dilución, para cada muestra. Se compararon las triadas resultantes con la tabla del NMP, determinándose el NMP de Coliformes Totales por 100mL (véase el cuadro 4.3 en la página 56 y el cuadro 4.4, en la página 57).

- **Numeración de Coliformes Termotolerantes por el método del Número Más Probable (NMP)**

La determinación de Coliformes Termotolerantes por el método NMP requiere de una etapa presuntiva y confirmativa.

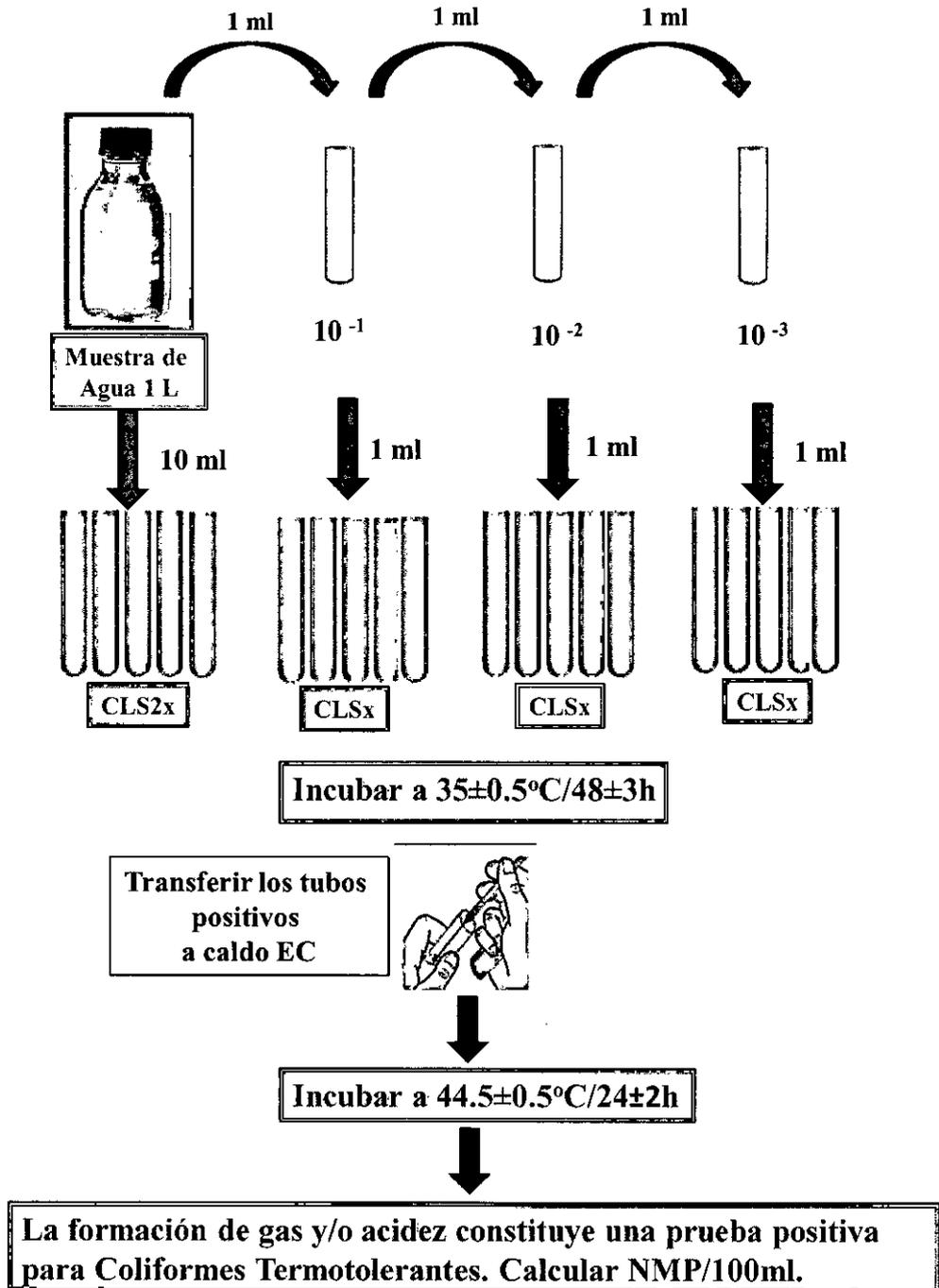
Para su análisis se realizaron diluciones decimales de cada muestra en tubos con agua peptonada al 0.1%: para la prueba presuntiva se preparó para cada muestra tubos de caldo lauril sulfato triptosa (CLS) con tubos campana de Durham invertidos: 5 de doble concentración (2x) y de concentración simple (x). Se inocularon volúmenes de 10ml de muestra en cada uno de los tubos de CLS (2x) y un volumen de 1ml a cada tubo con CLS (x). Luego se incubaron a  $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por  $24\pm 2\text{h}$ . Se examinó la presencia de turbidez y/o gas, los tubos que no presentaron turbidez y/o gas se reincubaron por  $48\pm 3\text{h}$ . Se consideró como positivo a los tubos con crecimiento y/o gas.

En la etapa presuntiva, los tubos que presentaron crecimiento y/o gas, se tomó una asada y se transfirió a caldo EC con campana de Durham invertido y se incubó a  $44.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 24 h. La formación de gas dentro de las 24 h se consideró como positivos para la fase confirmativa. Se trabajó de acuerdo a la metodología descrita por el Standard Methods 2012. (véase la figura 4.5, en la página 51).

Para facilitar la interpretación de resultados se usaron cepas de referencia: *Escherichia coli* ATCC 25922 como control positivo y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 como control negativo.

Figura 4.5

Flujograma de metodología empleada para numeración de coliformes termotolerantes de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF-2012.



Se registró el número de tubos positivos de cada dilución, para cada muestra. Se compararon las triadas resultantes con la tabla del NMP determinándose el NMP de Coliformes Termotolerantes por 100mL (véase el cuadro 4.3, en la página 56 y el cuadro 4.4, en la página 57).

- **Numeración de *Escherichia coli* (NMP).**

La determinación de *E. coli* por el método NMP, requiere de una etapa presuntiva y confirmativa.

Para su análisis se realizaron diluciones decimales de cada muestra en tubos con agua peptonada al 0.1%: para la prueba presuntiva se preparó para cada muestra tubos de caldo lauril sulfato triptosa (CLS) con tubos campana de Durham invertidos: 5 de doble concentración (2x) y de concentración simple (x). Se inocularon volúmenes de 10ml de muestra en cada uno de los tubos de CLS (2x) y un volumen de 1ml a cada tubo con CLS (x). Luego se incubaron a  $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por  $24\pm 2\text{h}$ . Se examinó la presencia de turbidez y/o gas, los tubos que no presentaron turbidez y/o gas se reincubaron por  $48\pm 3\text{h}$ . Se consideró como positivos a los tubos con crecimiento y/o gas.

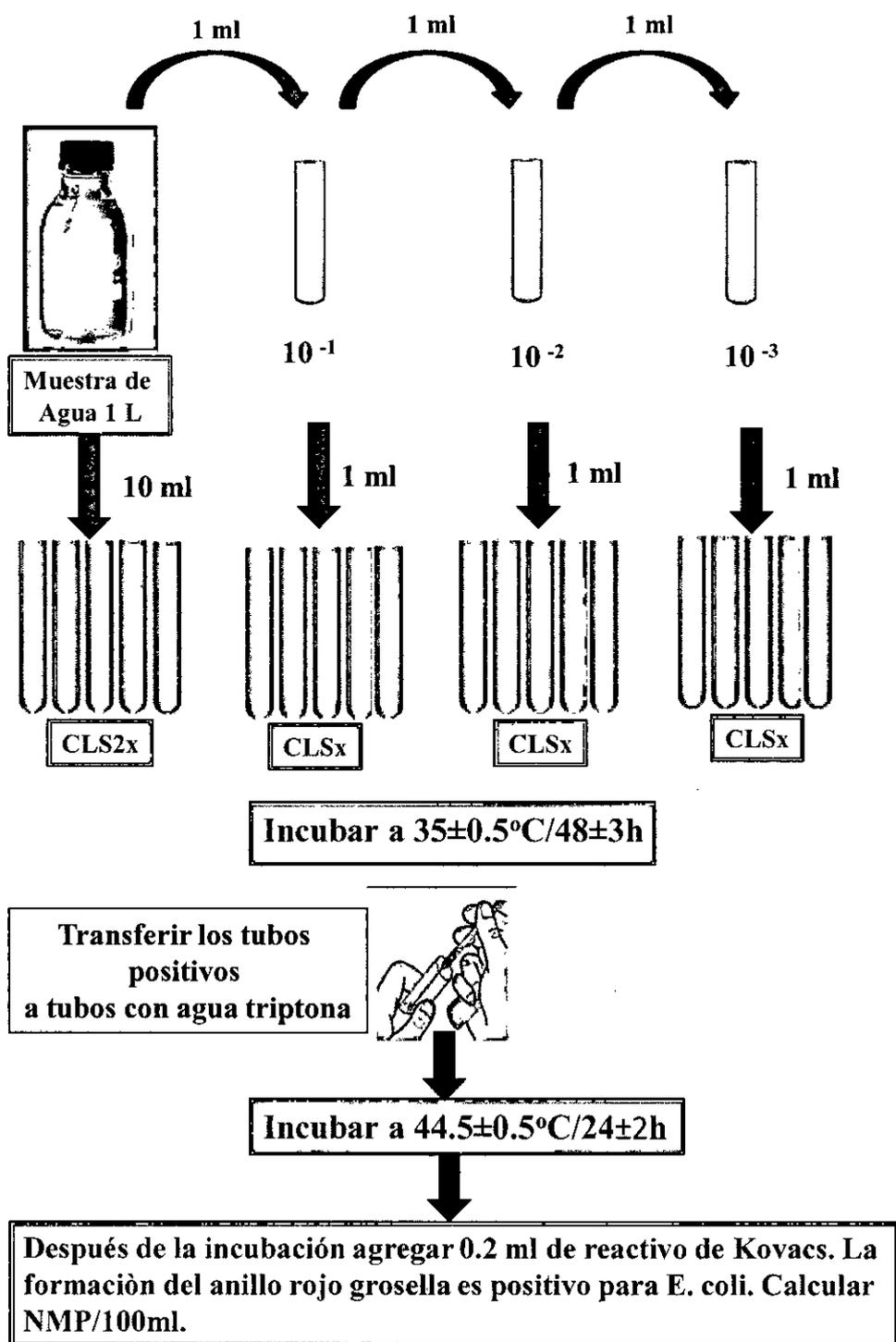
De los tubos positivos anteriores, se sembró de una a tres asadas en tubos con agua triptonada. Se incubaron en baño de María a  $44.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 24 h.

Se tomó en cuenta la turbidez y se añadió el reactivo de Kovac's al tubo con agua triptonada para comprobar si hay presencia de *Escherichia coli*.

Para *E. coli* la positividad se observará la aparición de un anillo color grosella en la superficie del medio, y la negatividad por la presencia de un anillo amarillo. Se trabajó de acuerdo a la metodología descrita por el Standard Methods 2012. (véase la figura 4.6, en la página 53).

Figura 4.6

Flujograma de metodología empleada para numeración de *Escherichia coli* de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF-2012



Para la interpretación de los resultados se trabajó con controles, usando cepas de referencia: *Escherichia coli* ATCC 25922 como control positivo y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 como control negativo.

Se registró el número de tubos positivos de cada dilución, para cada muestra. Se compararon las triadas resultantes con la tabla del NMP determinándose el NMP de *Escherichia coli* por 100 mL (véase el cuadro 4.3 en la página 56 y el cuadro 4.4, en la página 60).

- **Numeración de *Pseudomonas aeruginosa* por el método de tubos múltiples (NMP).**

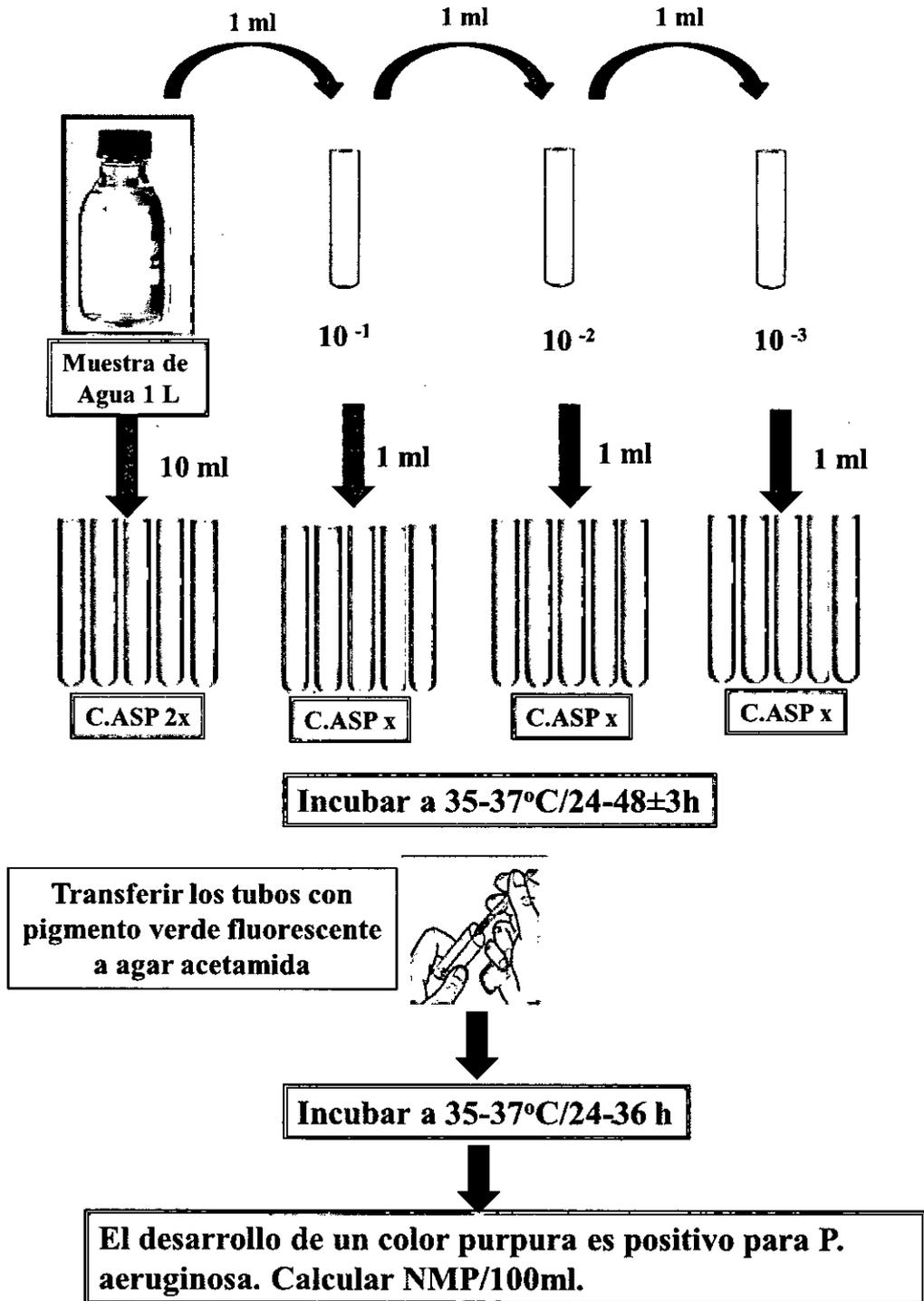
Para la determinación de *P. aeruginosa* se requiere de una etapa presuntiva y confirmativa.

La etapa presuntiva consistió en inocular 10 mL de muestra de agua a 10 tubos que contienen Caldo Asparagina doble concentración y luego se incubaron a 35 - 37°C durante 24 - 48 h. Se examinó la presencia de fluorescencia, los tubos negativos se reincubaron por 48±3h. Se consideró como positivos a los tubos que presentaron fluorescencia bajo luz ultravioleta de onda larga (luz negra) en una habitación oscura. La producción de un pigmento fluorescente verde constituye una prueba presuntiva positiva.

En la etapa confirmativa, de los tubos positivos se inoculó 0,1 ml de cultivo sobre la superficie de agar de acetamida inclinado. El desarrollo de color púrpura (pH alcalino) dentro de las 24 - 36 h de incubación a 35 a 37°C se consideró como positiva para *Pseudomonas aeruginosa*. Se trabajó de acuerdo a la metodología descrita por el Standard Methods 2012 (véase la figura 4.7, en la página 55).

Figura 4.7

Flujograma de metodología empleada para numeración de *Pseudomonas aeruginosa* de acuerdo al Standard Methods AWWA-WEF-2012.



Para la interpretación de los resultados se trabajó con controles, usando cepas de referencia: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 4128 como control positivo y *E. coli* ATCC 25922 como control negativo.

Se registró el número de tubos positivos para cada muestra. Se compararon los resultados con la tabla del NMP determinándose el NMP de *Pseudomonas aeruginosa* por 100mL (véase el cuadro 4.3 y el cuadro 4.4, en la página 57).

**Cuadro 4.3**

**Índice de NMP y límites de confianza del 95% para todas las combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan 10 porciones de 10 ml**

Nº tubos positivos que dan una reacción de 10	Índice NMP 100mL	Límite de confianza del 95% (exacto)	
		Inferior	Superior
0	< 1.1	---	3.4
1	1.1	0.051	5.9
2	2.2	0.37	8.2
3	3.6	0.91	9.7
4	5.1	1.6	13
5	6.9	2.5	15
6	9.2	3.3	19
7	12	4.8	24
8	16	5.8	34
9	23	8.1	53
10	>23	13	---

Cuadro 4.4

Tabla de Numero Más Probable (NMP) y los intervalos de confianza del 95 por ciento, para 5 tubos cada uno (10ml, 1,0mly 0,1 ml)\*

Confidence Limits				Confidence Limits			
Combinations of positives	MPN Index/ 100ml	Low	High	Combinations of positives	MPN Index/ 100ml	Low	High
0-0-0	< 1.8	---	6.8	4-0-3	25	9.8	70
0-0-1	1.8	0.090	6.8	4-1-0	17	6.0	40
0-1-0	1.8	0.090	6.9	4-1-1	21	6.8	42
0-1-1	3.6	0.70	10	4-1-2	26	9.8	70
0-2-0	3.7	0.70	10	4-1-3	31	10	70
0-2-1	5.5	1.8	15	4-2-0	22	6.8	50
0-3-0	5.6	1.8	15	4-2-1	26	9.8	70
1-0-0	2.0	0.10	10	4-2-2	32	10	70
1-0-1	4.0	0.70	10	4-2-3	38	14	100
1-0-2	6-0	1.8	15	4-3-0	27	9.9	70
1-1-0	4.0	0.71	12	4-3-1	33	10	70
1-1-1	6.1	1.8	15	4-3-2	39	14	100
1-1-2	8.1	3.4	22	4-4-0	34	14	100
1-2-0	6.1	1.8	15	4-4-1	40	14	100
1-2-1	8.2	3.4	22	4-4-2	47	15	120
1-3-0	8.3	3.4	22	4-5-0	41	14	100
1-3-1	10	3.5	22	4-5-1	48	15	120
1-4-0	10	3.5	22	5-0-0	23	6.8	70
2-0-0	4.5	0.79	15	5-0-1	31	10	70
2-0-1	6.8	1.8	15	5-0-2	43	14	100
2-0-2	9.1	3.4	22	5-0-3	58	22	150
2-1-0	6.8	1.8	17	5-1-0	33	10	100
2-1-1	9.2	3.4	22	5-1-1	46	14	120
2-1-2	12	4.1	26	5-1-2	63	22	150
2-2-0	9.3	3.4	22	5-1-3	84	34	220
2-2-1	12	4.1	26	5-2-0	49	15	150
2-2-2	14	5.9	36	5-2-1	70	22	170
2-3-0	12	4.1	26	5-2-2	94	34	230
2-3-1	14	5.9	36	5-2-3	120	36	250
2-4-0	15	5.9	36	5-2-4	150	48	400
3-0-0	7.8	2.1	22	5-3-0	79	22	220
3-0-1	11	3.5	23	5-3-1	110	34	250
3-0-2	13	5.6	35	5-3-2	140	52	400
3-1-0	11	3.5	26	5-3-3	170	70	400
3-1-1	14	5.6	36	5-3-4	210	70	400
3-1-2	17	6.0	36	5-4-0	130	36	400
3-2-0	14	5.7	36	5-4-1	170	58	400
3-2-1	17	6.8	40	5-4-2	220	70	440
3-2-2	20	6.8	40	5-4-3	280	100	710
3-3-0	17	6.8	40	5-4-4	350	100	710
3-3-1	21	6.8	40	5-4-5	430	150	1100
3-3-2	24	9.8	70	5-5-0	240	70	710
3-4-0	21	6.8	40	5-5-1	350	100	1100
3-4-1	24	9.8	70	5-5-2	540	150	1700
3-5-0	25	9.8	70	5-5-3	920	220	1600
4-0-0	13	4.1	35	5-5-4	1600	400	4600
4-0-1	17	5.9	36	5-5-5	<1600	700	---
4-0-2	21	6.8	40				

\*Results to two significant figures

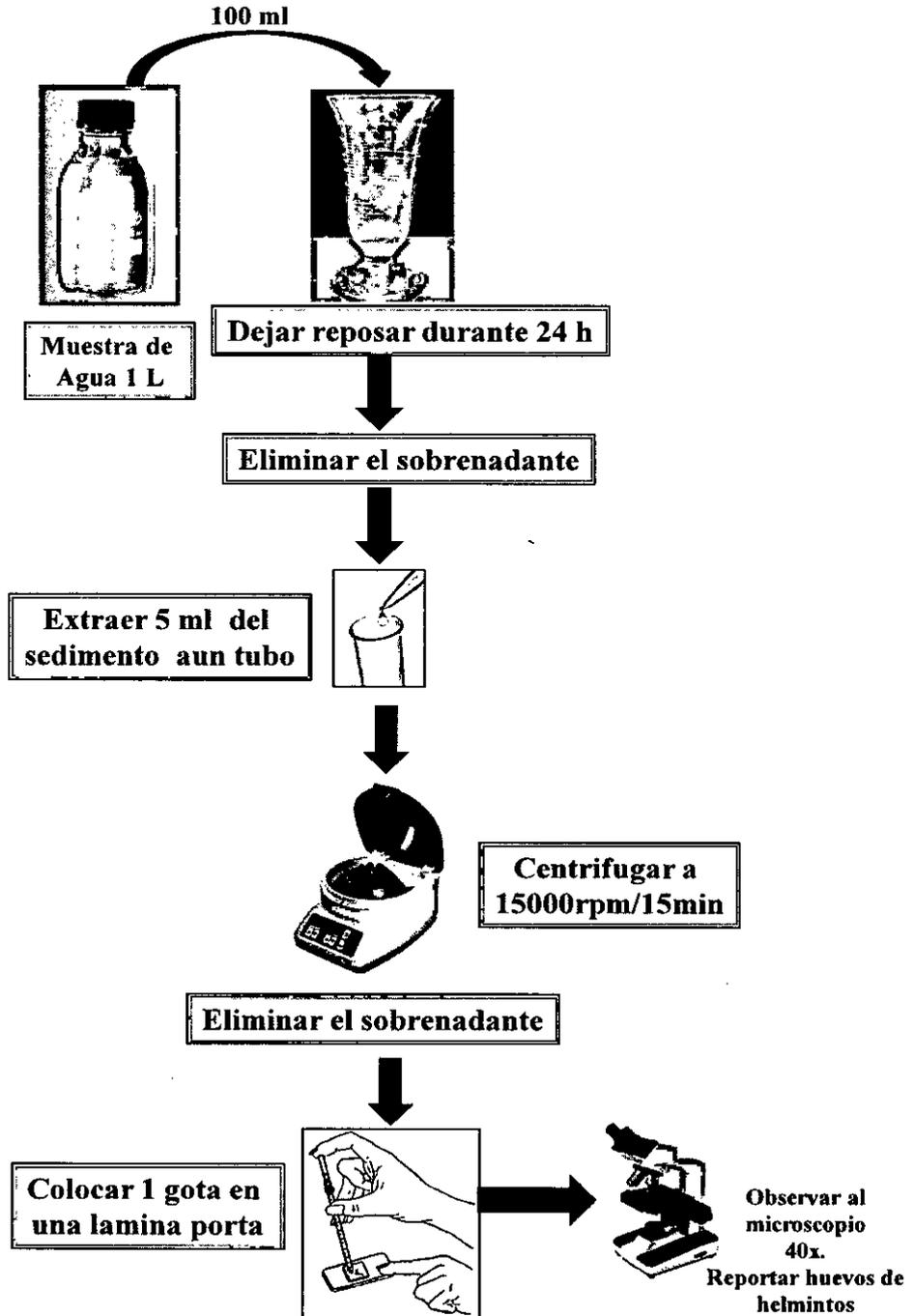
- **Método de concentración – centrifugación (Sedimentación, Flotación) para huevos de helmintos.**

Se colocó 100 ml de la muestra de agua en una copa de sedimentación por un tiempo de 24 h. Luego se eliminó el sobrenadante y tomó el sedimento con una pipeta Pasteur a un tubo para centrifugar a 1500rpm/15 minutos.

Se eliminó el sobrenadante y colocó una gota de sedimento en una lámina portaobjeto y observar al microscopio a 40x. Se reportó el número de parásitos por 100 mL. Se trabajó de acuerdo a la metodología descrita por el OPS/CEPIS 1983. (véase la figura 4.8, en la página 59).

Figura 4.8

Flujograma de metodología empleada para huevos de helmintos de acuerdo al Método de concentración – centrifugación (Sedimentación, Flotación). para huevos de helmintos. OPS/CEPIS-1983.



#### 4.3.5. Requisitos microbiológicos del agua.

Según la Norma Técnica Sanitaria MINSA/DIGESA - 2003 establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (véase el cuadro 4.5 y el cuadro 4.6).

**Cuadro 4.5**

#### **Aguas envasadas carbonatadas (\*) y no carbonatadas.**

Agente microbiano	Categoría	Clase	N	c	Limite por ml	
					m	M
Bacterias heterotróficas	2	3	5	2	10	100
Coliformes	5	2	5	0	< 1,1/100mL	----
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10	2	5	0	Ausencia/100mL	----

(\*) Los análisis se efectuaran solo para el caso de aquellas con pH > 3,5

Fuente: MINSA/DIGESA 2003.

**Cuadro 4.6**

#### **Agua y hielo para consumo humano.**

Agente microbiano	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias Coliformes termotolerantes o <i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL a 44,5°C	0(*)
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
Huevos de helmintos	Nº/100mL	0

(\*) En caso de analizar por el método de NMP = < 2,2 / 100 mL.

Fuente: MINSA/DIGESA 2003.

#### 4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Se realizó un muestreo de tipo selectivo y para la recolección de datos se utilizó y elaboró una ficha, tomando como referencia el manual de procedimientos de vigilancia sanitaria en salud ambiental DESA-DISA 2006 (véase el cuadro 10.4, en la página 110); los datos se registraron en una hoja de Excel.

Las técnicas empleadas para el análisis de los datos registrados, y para demostrar y comprobar las hipótesis de investigación fueron las siguientes:

Para demostrar la hipótesis general, los datos de los tres tipos de agua se expresaron en porcentajes para calificar las muestras en aptas y no aptas para el consumo humano, de acuerdo a los límites permisibles establecidos por la NTS MINSA/DIGESA-2003 (véase el cuadro 4.5 y 4.6, en la página 60).

Para la 1<sup>ra</sup>, 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> hipótesis específica se aplicó la prueba de prueba de regresión lineal múltiple, luego la correlación de Pearson y la significancia. Se procedió a realizar la prueba de normalidad.

Además se aplicó la prueba No Paramétrica para K-muestras independientes.

#### **4.4.1 Procedimiento de recolección de datos**

Para demostrar y comprobar la hipótesis general y las hipótesis específicas los datos se registraron en una hoja de Excel para su extrapolación y luego ser ingresados al SPSS ver. 23.

Se presentaron en cuadros y tablas para su posterior análisis e interpretación de datos.

#### **4.4.2 Técnicas de procesamiento de la información.**

De acuerdo al desarrollo de la investigación, se emplearon los siguientes procedimientos estadísticos para el procesamiento de datos:

- a. Ingreso y registro de los datos obtenidos en Excel
- b. Procesamiento computarizado para el análisis estadístico de calificación en porcentajes de las muestras de agua, regresión lineal múltiple, correlación de Pearson, nivel de significancia, prueba de normalidad - test Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk
- c. Prueba no Paramétrica k-muestras independientes, test Kruskall-Wallis.

#### **4.5 Plan de análisis estadístico de datos**

Para demostrar la hipótesis general se aplicó una estadística que resume y califica en porcentajes a los tres tipos de agua potable en aptas y no aptas para el consumo humano de acuerdo a la NTS MINSA/DIGESA - 2003. El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS-STATIC V23.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Resultados de la Calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo.

El agua envasada no carbonatada presentó la contaminación más alta por Bacterias Heterotróficas 6265.68 UFC/mL y presentando un microorganismo patógeno *P. aeruginosa* 0.64 NMP/100mL, en mayor cantidad con respecto a las anteriores. Sin embargo, el agua potable filtrada presentó contaminación por B. heterotróficas (4163.74 UFC/mL), C. Totales (5.102 NMP/100mL), C. termotolerantes (3.36 NMP/100mL), *E. coli* (3.36 NMP/100mL), y el microorganismo patógeno, *P. aeruginosa* (0.02 NMP/100mL). Con respecto al agua de grifo intradomiciliario, presentó baja contaminación por B. Heterotróficas (446.56 UFC/mL), pero cantidades más altas de C. Totales (23.52 NMP/100mL), C. termotolerantes (10.99 NMP/100mL), *E. coli* (10.99 NMP/100mL). Ninguna de las muestras presentó contaminación por huevos de helmintos. (véase el cuadro 5.1)

**Cuadro 5 1**

#### Calidad microbiana de las aguas de mayor consumo humano

Tipo de bacterias (unidad)	Tipo de Agua		
	De Grifo intradomiciliario ( $\bar{x}$ )	Potable filtrada de origen intradomiciliario ( $\bar{x}$ )	Envasada no carbonatada ( $\bar{x}$ )
Bacterias Heterotróficas (UFC/mL)	446.56	4163.74	6265.58
Coliformes Totales (NMP/100mL)	23.52	5.102	0.04
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	10.99	3.26	0.04
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	10.99	3.26	0.04
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/100mL)	0.05	0.02	0.64
Huevos de helmintos (org/L)	0.00	0.00	0.00

## **5.2 Resultados del análisis microbiológico de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios.**

De los valores encontrados para cada parámetro microbiológico; para las bacterias heterotróficas 25 muestras no presentaron contaminación (<1 UFC/ml), en 16 muestras la carga microbiana fue de 7 a 400 UFC/mL y en 9 muestras la carga microbiana varió desde  $51 \times 10$  hasta  $57 \times 10^2$  UFC/mL, superando los límites permisibles; para coliformes totales, en 8 muestras se obtuvieron valores desde 6.8 hasta  $54 \times 10$  NMP/100mL y 42 muestras no presentaron contaminación; para coliformes termotolerantes, 9 muestras presentaron valores desde 2 hasta  $35 \times 10$  NMP/100mL y 41 muestras no presentaron contaminación; para *E. coli* y huevos de helmintos ninguna de las muestras presentó contaminación y solo una muestra fue positiva para *P. aeruginosa* 2.6 NMP/100 mL (véase el cuadro 5.2, en la página 64).

Se presenta la calificación de la contaminación del agua en porcentajes de muestras analizadas de las cuales el 28% (14) resultaron no aptas para el consumo humano mientras que el 72% (36) fueron aptas para el consumo humano (véase el cuadro 5.3, en la página 65).

- Cuadro 5.2

**Resultados del análisis microbiológico de muestras de agua proveniente de la  
planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos  
intradomiciliarios**

CODIGO	BH	CT	CTT	EC	PA	HH
	UFC/mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	Org/L
AG-01	31	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-02	190	< 1.8	130	< 1.8	< 1.1	0
AG-03	1200	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-04	7	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-05	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-06	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-07	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-08	8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-09	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-10	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-11	8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-12	92	30	23	< 1.8	< 1.1	0
AG-13	550	130	2	< 1.8	< 1.1	0
AG-14	125	50	2	< 1.8	< 1.1	0
AG-15	510	23	4	< 1.8	< 1.1	0
AG-16	4400	220	2	< 1.8	< 1.1	0
AG-17	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-18	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-19	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-20	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-21	51	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-22	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-23	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-24	120	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-25	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-26	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-27	840	540	350	< 1.8	< 1.1	0
AG-28	218	46	33	< 1.8	< 1.1	0
AG-29	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-30	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-31	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-32	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-33	400	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-34	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-35	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-36	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-37	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-38	8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-39	8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-40	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-41	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-42	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-43	5700	6.8	3.6	< 1.8	< 1.1	0
AG-44	< 1	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-45	40	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-46	1100	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-47	3700	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-48	11	< 1.8	< 1.8	< 1.8	1.1	0
AG-49	3000	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0
AG-50	11	< 1.8	< 1.8	< 1.8	2.6	0
LMP	500	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.1	0

Además, se observa que del total de muestras no aptas para el consumo humano, el 18% (09) superó el límite permisible para bacterias heterotróficas (BH), el 16% (08) para Coliformes totales (CT), el 18% (09) para Coliformes termotolerantes (CTT) y el 2% (01) para *P. aeruginosa* (PA). Sin embargo, ninguna muestra superó los límites permisibles para *E. coli* (EC) y huevos de helmintos (HH) (véase el gráfico 5.1)

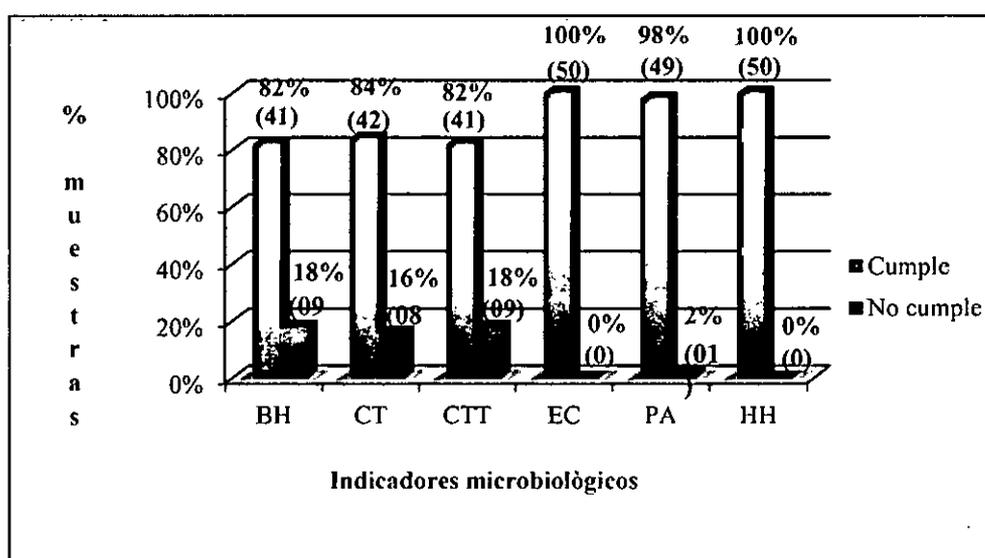
**Cuadro 5.3**

**Calificación en porcentajes de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios.**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Muestra no aptas	14	28,0	28,0	28,0
aptas	36	72,0	72,0	100,0
Total	50	100,0	100,0	

**Gráfico 5.1**

**Resultado del análisis microbiológico para el agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios.**



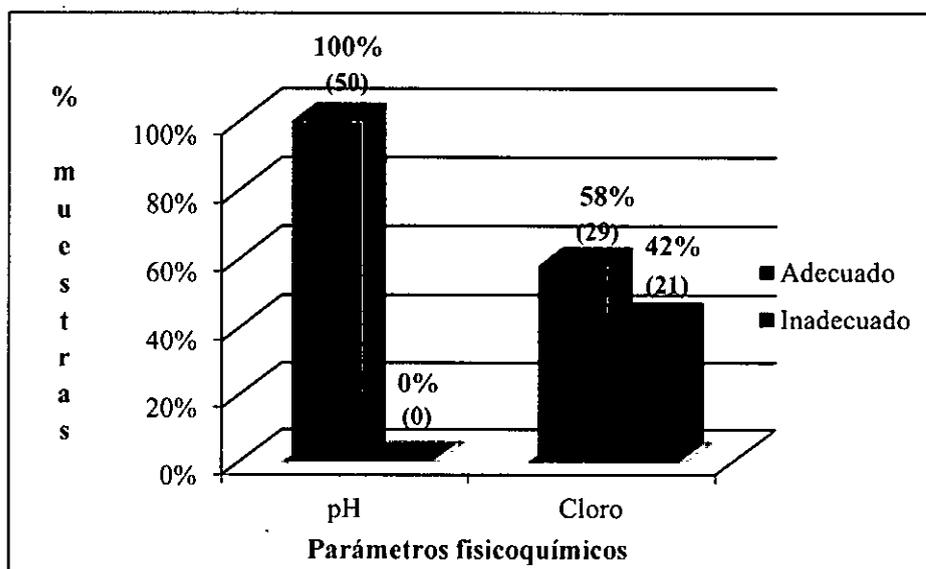
### 5.2.1 Resultado del análisis fisicoquímico del agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios.

Con respecto al parámetro del pH, todas las muestras presentaron un valor de 7 y para el cloro libre residual, en 14 muestras el valor fue de 0 mg/L, en 7 muestras fue 0,1 a 0,4 mg/L y en 29 muestras fue de 0,5 a 0,8 mg/L (véase el cuadro 5.4, en la página 67).

Se presenta la calificación en porcentajes de las muestras analizadas, de las cuales el 42% presentaron cloración inadecuada y el 100% presentó un pH adecuado (véase el gráfico 5.2).

Grafico 5.2

Calificación fisicoquímica de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios



### Cuadro 5.4

**Resultado del análisis fisicoquímico de muestras de agua proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios**

CODIGO	pH	Cloro (mg/L)
AG-01	7	0.8
AG-02	7	0.0
AG-03	7	0.5
AG-04	7	0.2
AG-05	7	0.8
AG-06	7	0.8
AG-07	7	0.25
AG-08	7	0.80
AG-09	7	0.5
AG-10	7	0.0
AG-11	7	0.0
AG-12	7	0.0
AG-13	7	0.0
AG-14	7	0.0
AG-15	7	0.25
AG-16	7	0.0
AG-17	7	0.8
AG-18	7	0.8
AG-19	7	0.8
AG-20	7	0.8
AG-21	7	0.8
AG-22	7	0.1
AG-23	7	0.8
AG-24	7	0.25
AG-25	7	0.0
AG-26	7	0.5
AG-27	7	0.0
AG-28	7	0.0
AG-29	7	0.8
AG-30	7	0.3
AG-31	7	0.5
AG-32	7	0.8
AG-33	7	0.8
AG-34	7	0.2
AG-35	7	0.8
AG-36	7	0.8
AG-37	7	0.8
AG-38	7	0.8
AG-39	7	0.8
AG-40	7	0.8
AG-41	7	0.8
AG-42	7	0.8
AG-43	7	0.8
AG-44	7	0.5
AG-45	7	0.8
AG-46	7	0.8
AG-47	7	0.0
AG-48	7	0.0
AG-49	7	0.0
AG-50	7	0.0
LMP	6.5 - 7.5	0.5 - 1.0

### **5.3 Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo.**

Se presentan los valores expresados para bacterias heterotróficas, 41 muestras presentaron contaminación desde  $14$  a  $18 \times 10^4$  UFC/mL; para coliformes totales en 16 muestras la carga microbiana fue desde 3.6 hasta  $13 \times 10$  NMP/100mL; para *E. coli* 9 muestras fue desde 2.2 hasta  $13 \times 10$  NMP/100 mL y en ninguna de las muestras se determinó la presencia de *P. aeruginosa*. (véase el cuadro 5.5, en la página 69).

Se presenta la calificación en porcentajes de las muestras analizadas, de las cuales el 82% (41) resultaron no aptas para el consumo humano mientras que el 18% (9) fueron aptas para el consumo humano (véase el cuadro 5.6, en la página 70).

Además, se observa que del total de muestras no aptas para el consumo humano, el 82% superó el límite permisible para bacterias heterotróficas (BH), el 32% para Coliformes totales (CT), y el 8% para *E. coli* (EC). Sin embargo, ninguna muestra superó los límites permisibles para *P. aeruginosa* (PA) (véase el gráfico 5.3, en la página 70).

**Cuadro 5.5**

**Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo.**

CODIGO	BFI UFC/mL	CFI NMP/100mL	EC NMP/100mL	PA NMP/100mL
AF-01	180000	< 1.1	2.2	< 1.1
AF-02	26	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-03	800	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-04	27	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-05	490	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-06	< 1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-07	490	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-08	30	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-09	400	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-10	89	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-11	125	6.9	< 1.1	< 1.1
AF-12	58	5.1	< 1.1	< 1.1
AF-13	83	6.9	< 1.1	< 1.1
AF-14	45	3.6	< 1.1	< 1.1
AF-15	57	6.9	< 1.1	< 1.1
AF-16	32	6.9	< 1.1	< 1.1
AF-17	66	6.9	< 1.1	< 1.1
AF-18	41	6.9	< 1.1	< 1.1
AF-19	< 1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-20	24000	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-21	47	5.1	2.2	< 1.1
AF-22	168	130	130	< 1.1
AF-23	82	6.9	2.2	< 1.1
AF-24	43	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-25	54	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-26	4	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-27	56	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-28	< 1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-29	63	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-30	< 1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-31	< 1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-32	35	6.9	2.2	< 1.1
AF-33	40	6.9	2.2	< 1.1
AF-34	56	16	6.9	< 1.1
AF-35	< 1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-36	74	23	12	< 1.1
AF-37	55	5.1	2.2	< 1.1
AF-38	17	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-39	49	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-40	5	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-41	29	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-42	10	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-43	16	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-44	15	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-45	50	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-46	71	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-47	14	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-48	48	< 1.1	< 1.1	1.1
AF-49	87	< 1.1	< 1.1	< 1.1
AF-50	140	< 1.1	< 1.1	< 1.1
LMP	10	< 1.1	< 1.1	< 1.1

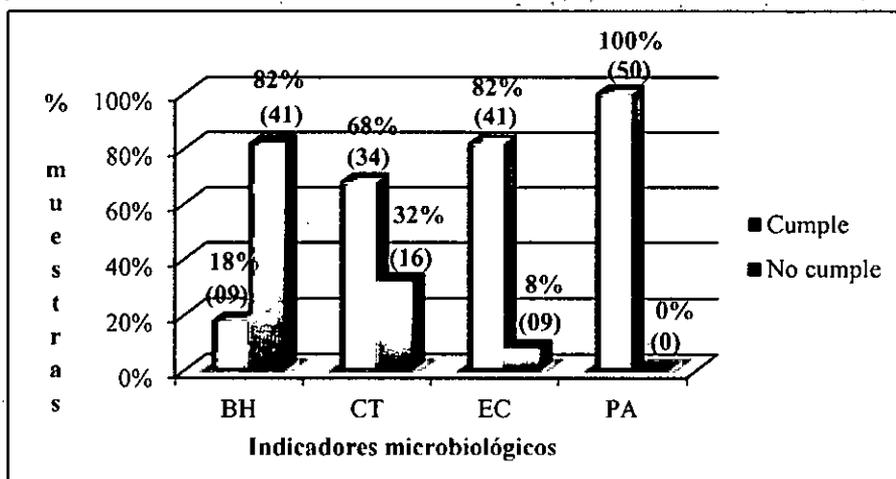
**Cuadro 5.6**

**Calificación en porcentajes de muestras del tratamiento de agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muestra no aptas	41	82,0	82,0	82,0
aptas	9	18,0	18,0	100,0
Total	50	100,0	100,0	

**Grafico 5.3**

**Resultado del análisis microbiológico del agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo**

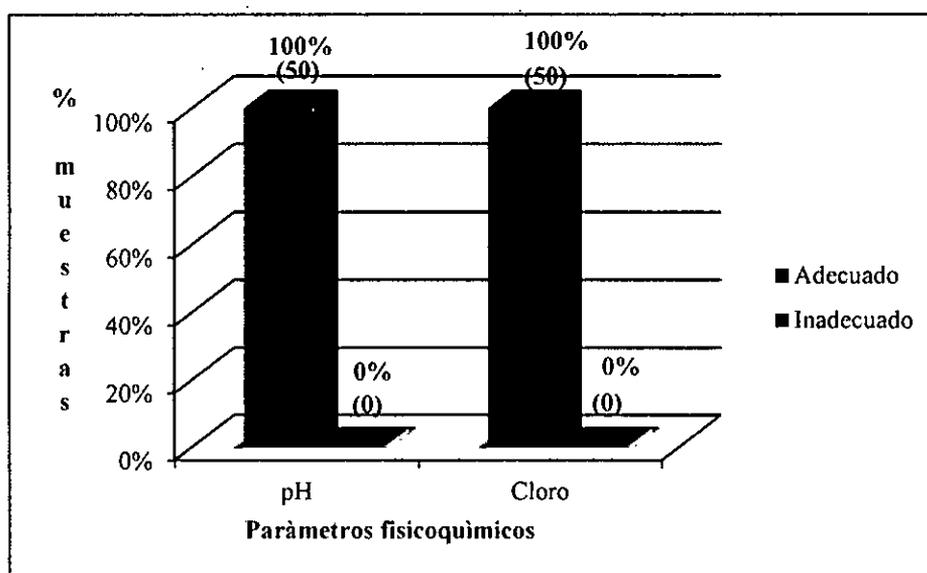


### 5.3.1 Resultado del análisis fisicoquímico del tratamiento del agua filtrada previamente a su consumo.

El 100% de muestras analizadas resultaron adecuadas para el pH y cloro libre residual (véase el gráfico 5.4).

Grafico 5.4

Calificación fisicoquímica de muestras de agua de la red pública que se filtra previamente a su consumo



### 5.4 Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones.

Se presentan los valores expresados para bacterias heterotróficas, 33 muestras que van desde 47 a  $81 \times 10^3$  UFC/mL; para coliformes totales y *E. coli* 1 muestra presentó 2.2 NMP/100mL y en 4 muestras se detectó la presencia de *P. aeruginosa*, 2 muestras con 1.1 NMP/100mL, 1 con 23 NMP/100mL y 1 con 6.9 NMP/100mL (véase el cuadro 5.7, en la página 72).

Se presenta la calificación de las muestras analizadas de las cuales el 66% (33) fueron no aptas para el consumo humano mientras que el 34% (17) fueron aptas para el consumo humano (véase el cuadro 5.8, en la página 73).

**Cuadro 5.7**

**Resultado del análisis microbiológico del tratamiento del agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones**

	<b>BH</b>	<b>CT</b>	<b>EC</b>	<b>PA</b>
<b>CODIGO</b>	<b>UFC/mL</b>	<b>NMP/100mL</b>	<b>NMP/100mL</b>	<b>NMP/100mL</b>
AE-01	1300	<1.1	<1.1	<1.1
AE-02	500	<1.1	<1.1	<1.1
AE-03	115	<1.1	<1.1	<1.1
AE-04	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-05	63	<1.1	<1.1	<1.1
AE-06	120	<1.1	<1.1	<1.1
AE-07	340	<1.1	<1.1	<1.1
AE-08	850	<1.1	<1.1	<1.1
AE-09	230	<1.1	<1.1	<1.1
AE-10	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-11	9600	<1.1	<1.1	<1.1
AE-12	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-13	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-14	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-15	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-16	1100	<1.1	<1.1	<1.1
AE-17	1200	<1.1	<1.1	<1.1
AE-18	4500	<1.1	<1.1	<1.1
AE-19	81000	<1.1	<1.1	<1.1
AE-20	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-21	48	<1.1	<1.1	<1.1
AE-22	1300	<1.1	<1.1	<1.1
AE-23	2700	<1.1	<1.1	<1.1
AE-24	2500	<1.1	<1.1	<1.1
AE-25	150	<1.1	<1.1	<1.1
AE-26	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-27	1000	<1.1	<1.1	<1.1
AE-28	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-29	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-30	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-31	4200	<1.1	<1.1	<1.1
AE-32	710	<1.1	<1.1	1.1
AE-33	47	<1.1	<1.1	<1.1
AE-34	810	<1.1	<1.1	<1.1
AE-35	96	<1.1	<1.1	<1.1
AE-36	5900	<1.1	<1.1	<1.1
AE-37	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-38	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-39	46000	<1.1	<1.1	<1.1
AE-40	42000	<1.1	<1.1	<1.1
AE-41	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-42	81000	<1.1	<1.1	<1.1
AE-43	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-44	>1600	<1.1	<1.1	<1.1
AE-45	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-46	2300	<1.1	<1.1	23
AE-47	<1	<1.1	<1.1	<1.1
AE-48	880	2.2	2.2	1.1
AE-49	120	<1.1	<1.1	<1.1
AE-50	19000	<1.1	<1.1	6.9
LMP	10	<1.1	<1.1	<1.1

Además, se observa que del total de muestras no aptas para el consumo humano, el 66% superó el límite permisible para bacterias heterotróficas (BH), el 2% para Coliformes totales (CT) y para *E. coli* (EC), y el 8% para *P. aeruginosa* (PA) (véase el gráfico 5.5).

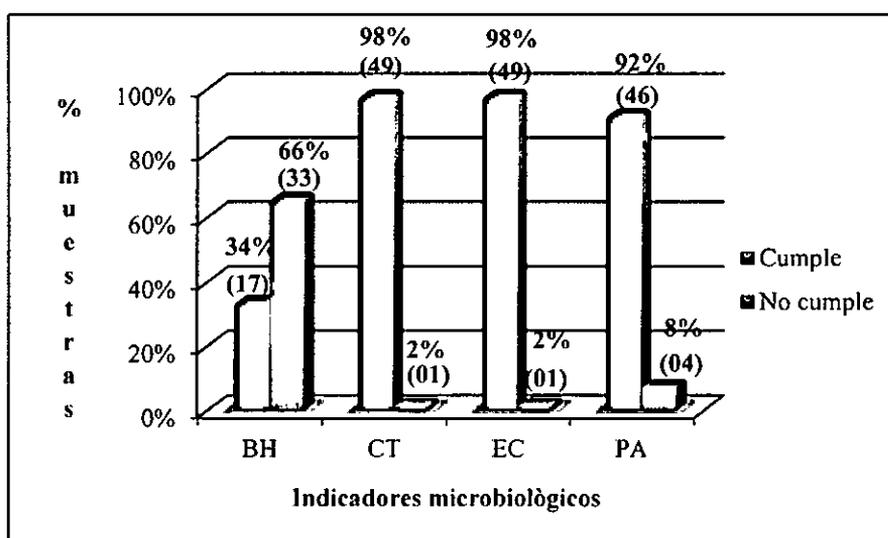
**Cuadro 5.8**

**Calificación en porcentaje de muestras del tratamiento de agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Muestra no aptas	33	66,0	66,0	66,0
aptas	17	34,0	34,0	100,0
Total	50	100,0	100,0	

**Gráfico 5.5**

**Resultado del análisis microbiológico del aguade agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones**

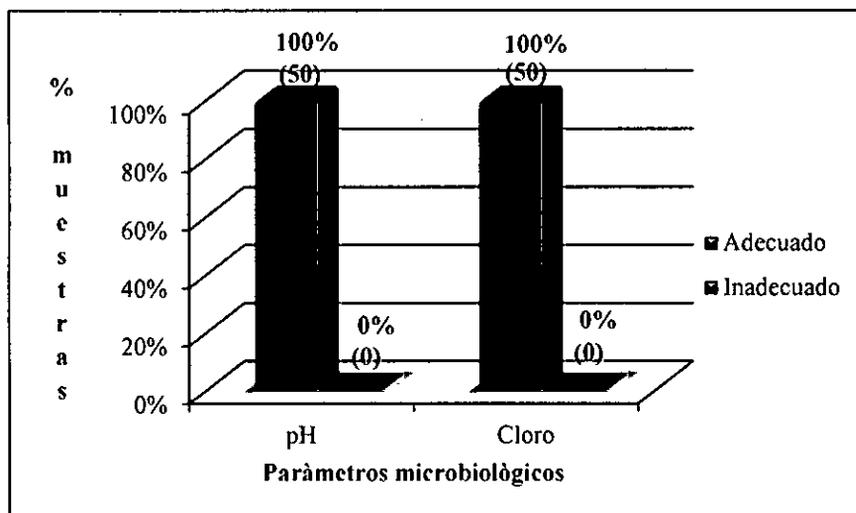


### 5.4.1 Resultado del análisis fisicoquímico del tratamiento del aguade mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones.

El 100% de muestras analizadas resultaron adecuadas para el pH y cloro libre residual (véase el gráfico 5.6).

Grafico 5.6

Calificación fisicoquímica de muestras de aguade mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones.



### 5.5 Regresión lineal múltiple, Coeficientes de regresión y Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad del agua de grifo y análisis microbiológico.

Los resultados del análisis de regresión múltiple para evaluar si el tratamiento influye en la calidad del agua de grifo para consumo humano; se obtuvo que el coeficiente de determinación hallado es  $R^2=1.0$  con un error estándar de estimación nulo, lo cual significa que la calidad del agua de grifo para consumo humano queda explicada en un 100% por las variables independientes y que existe una buena relación con el análisis microbiológico (véase el cuadro 5.9, en la página 75). Además se calculó el valor de los coeficientes  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  y  $\beta_4$  fueron 8.333, 0.167, 0.167, 0.167 y 0.167, respectivamente con un error típico de estimación nulo y el p-valor, a un nivel de significación del 5%, fue menor demostrando que todas las variables excepto para la constante influyen

significativamente en la calidad del agua de grifo para consumo humano (véase el cuadro 5.10).

**Cuadro 5.9**

**Regresión lineal múltiple entre la calidad del agua de grifo y los análisis microbiológicos**

Regresión	R	R <sup>2</sup>	Error estándar de la estimación
Múltiple	1.000	1.000	0

**Cuadro 5.10**

**Coefficientes de regresión entre la calidad del agua de grifo y los análisis microbiológicos.**

Regresión múltiple	Coefficientes No estandarizados		Sig.
	B	Error estándar	
<b>(Constante)</b>	8.333	.000	.000
<b>BH</b>	.167	.000	.000
<b>CT</b>	.167	.000	.000
<b>CTT</b>	.167	.000	.000
<b>PA</b>	.167	.000	.000

Los coeficientes de correlación de Pearson entre la calidad del agua de grifo para consumo humano y las variables Bacterias Heterotróficas (BH), Coliformes Totales (CT) y Coliformes Termotolerantes (CTT) es 0.873, 0.877 y 0.506, respectivamente. Esto significa que existe una relación positiva con las tres variables y es más fuerte la correlación que existe entre la calidad del agua de grifo y CT y BH, excepto con PA. No existe correlación con EC y HH (véase el cuadro 5.11, en la página 76).

**Cuadro 5.11**

**Coefficientes de correlación de Pearson entre la calidad del agua de grifo y los análisis microbiológicos.**

		BH	CT	CTT	EC	PA	HH
Calidad del agua de grifo	Correlación de Pearson	.873**	.877**	.506**	. <sup>b</sup>	.090	. <sup>b</sup>
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.	.535	.
	N	50	50	50	50	50	50

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,001 (bilateral).

b. No se puede calcular porque al menos una variable es constante.

**5.6 Regresión lineal múltiple, Coeficientes de regresión y Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad del agua filtrada y análisis microbiológico.**

Los resultados del análisis de regresión múltiple para evaluar si el tratamiento influye en la calidad del agua filtrada para consumo humano; se obtuvo que el coeficiente de determinación hallado es  $R^2=1.0$  con un error estándar de estimación nulo, lo cual significa que la calidad del agua filtrada para consumo humano queda explicada en un 100% por las variables independientes y que existe una buena relación con el análisis microbiológico (véase el cuadro 5.12, en la página 77). Además se calculó el valor de los coeficientes  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  fueron 12.501, 0.250, 0.250 y 0.250, respectivamente con un error típico de estimación nulo y el p-valor, a un nivel de significación del 5%, fue menor demostrando que todas las variables excepto para la constante influyen significativamente en la calidad del agua filtrada para consumo humano (véase el cuadro 5.13, en la página 77).

**Cuadro 5.12**

**Regresión lineal múltiple entre la calidad del agua filtrada y los análisis microbiológicos**

Regresión	R	R <sup>2</sup>	Error estándar de la estimación
Múltiple	1.000	1.000	0

**Cuadro 5.13**

**Coefficientes de regresión entre la calidad del agua filtrada y los análisis microbiológicos.**

Regresión múltiple	Coeficientes No estandarizados		Sig.
	B	Error estándar	
(Constante)	12,501	.000	.000
BH	,250	.000	.000
CT	,250	.000	.000
EC	,250	.000	.000

Los coeficientes de correlación de Pearson entre la calidad del agua filtrada para consumo humano y las variables Bacterias Heterotróficas (BH), Coliformes Totales (CT) y *Escherichia coli* (EC) es 0.800, 0.665 y 0.647, respectivamente. Esto significa que existe una fuerte correlación positiva con las tres variables, siendo la más fuerte con BH y no existe correlación con la variable PA (véase el cuadro 5.14, en la página 78).

**Cuadro 5.14**

**Coefficiente de correlación de Pearson entre la calidad del agua filtrada y los análisis microbiológicos**

		BH	CT	EC	PA
Calidad del agua filtrada	Correlación de Pearson	,800**	,665**	,647**	<sup>b</sup>
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	
	N	50	50	50	50

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

b. No se puede calcular porque al menos una variable es constante.

**5.7 Regresión lineal múltiple, Coeficientes de regresión y Coeficiente de correlación de Pearson entre la calidad del agua de mesa envasada no carbonatada y análisis microbiológico.**

Los resultados del análisis de regresión múltiple para evaluar si el tratamiento influye en la calidad del agua de mesa envasada no carbonatada para consumo humano; se obtuvo que el coeficiente de determinación hallado es  $R^2=1.0$  con un error estándar de estimación nulo, lo cual significa que la calidad e inocuidad del agua de mesa envasada no carbonatada para consumo humano queda explicada en un 100% por las variables independientes y que existe una buena relación con el análisis microbiológico (véase el cuadro 5.15, en la página 79).

**Cuadro 5.15**

**Regresión lineal múltiple entre el agua envasada no carbonatada y los análisis microbiológicos**

Regresión	R	R <sup>2</sup>	Error estándar de la estimación
Múltiple	1.000	1.000	0

Se calculó el valor de los coeficientes  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  fueron 0.001, 0.333, 0.333 y 0.333 respectivamente con un error típico de estimación nulo y el p-valor, a un nivel de significación del 5%, fue menor demostrando que todas las variables excepto para la constante influyen significativamente en la calidad del agua de mesa envasada no carbonatada para consumo humano (véase el cuadro 5.16).

**Cuadro 5.16**

**Coefficientes de regresión entre la calidad del agua envasada no carbonatada y los análisis microbiológicos.**

Regresión múltiple	Coeficientes No estandarizados		Sig.
	B	Error estándar	
(Constante)	,001	,000	,013
BH	,333	,000	,000
CT	,333	,000	,000
PA	,333	,000	,000

Los coeficientes de correlación de Pearson entre la calidad del agua de mesa envasada no carbonatada para consumo humano y las variables Bacterias Heterotróficas (BH), Coliformes Totales (CT) y *Pseudomonas aeruginosa* (PA) es 0.955, 0.247 y 0.319, respectivamente. Esto significa que existe una fuerte correlación positiva con la variable BH y una baja correlación con PA; sin embargo no existe correlación con CT (véase el cuadro 5.17, en la página 80).

**Cuadro 5.17**

**Coefficiente de correlación de Pearson entre la calidad del agua de mesa envasada no carbonatada y los análisis microbiológicos.**

		BH	CT	PA
Calidad del agua de mesa envasada no carbonatada	Correlación de Pearson	,955**	,247	,319*
	Sig. (bilateral)	,000	,083	,024
N		50	50	50

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**5.8 Pruebas de normalidad entre la calidad del agua de grifo, filtrada y envasada no carbonatada para consumo humano y los tipos de tratamiento aplicados.**

Se observa que el nivel de significación estadística en agua filtrada, agua envasada y de grifo fue nulo, según los contrastes de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks. Esto demuestra que la calidad del agua no tiene una distribución normal, debido a que en los tres grupos el nivel de significancia de "p" es significativo (esto es  $p < 0.05$ ) (véase el cuadro 5.18, en la página 81).

**Cuadro 5.18**

**Prueba de normalidad entre la calidad de las aguas y el tipo de tratamiento**

	Tipo de Tratamiento	K-S <sup>a</sup>		S-W	
		Gl	Sig.	gl	Sig.
<b>Calidad del agua</b>	<b>Agua filtrada</b>	50	,000	50	,000
	<b>Agua envasada</b>	50	,000	50	,000
	<b>Agua de grifo</b>	50	,000	50	,000

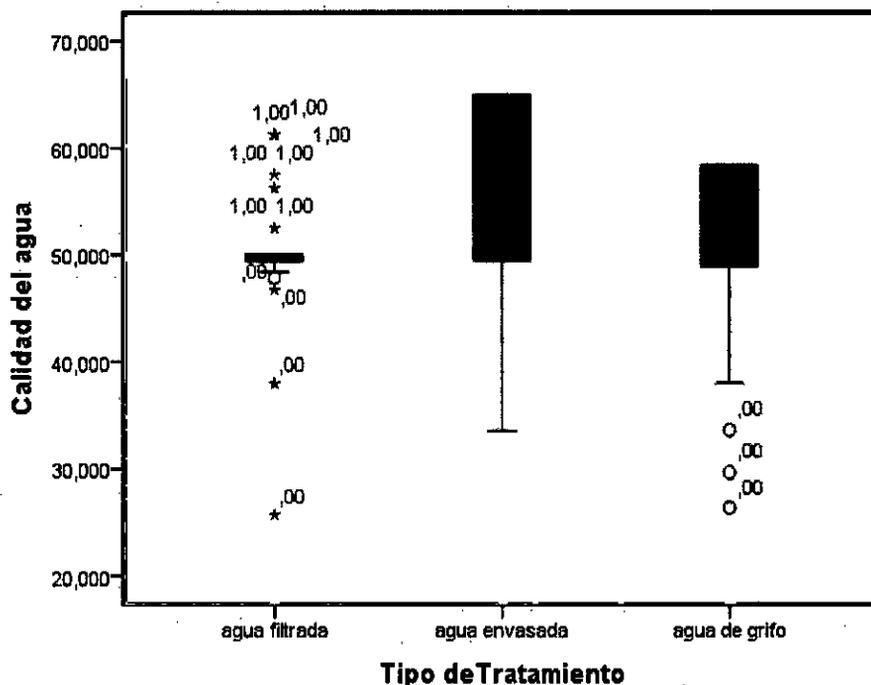
**aplicados.**

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Existe una variabilidad entre los tres tipos de tratamiento aplicados para evaluar la calidad del agua para consumo humano. La calificación de la calidad de las muestras de agua de grifo tuvo un rango mínimo y máximo de 26 a 58, con una mediana superior a las otras (58) y 3 valores atípicos; el agua envasada tuvo un rango mínimo y máximo de 33 a 65, respectivamente; con una mediana de 49.9 y el agua filtrada presentó rangos mínimo y máximo desde 25 a 61, con una mediana de 49.9 y con valores extremos muy bajos, muy altos y atípicos. El agua filtrada presentó una mediana similar al agua envasada pero la calificación no es uniforme; presentando valores muy inferiores y muy superiores alejados de la mediana (véase el gráfico 5.7, en la página 82).

Grafico 5.7

Distribución de la concentración de muestras de agua calificadas y el Tipo de Tratamiento



5.9 Prueba de rangos y estadístico de contraste Kruskal-Wallis entre la calidad del agua y el tipo de tratamiento aplicado.

Se observa que el nivel de significación fue nulo, el cual es menor al nivel de significancia=0.05. Con esto se demuestra que existen diferencias significativas entre los tres tipos de tratamientos aplicados al agua filtrada, envasada y de grifo; contrastada en la prueba de chi-cuadrado (véase el cuadro 5.20, en la página 83). También se comparó la calidad de los tres tipos de agua, demostrando que el agua de grifo presentó una mejor calidad de agua para el consumo humano, seguida del agua envasada y por último, el agua filtrada (véase el cuadro 5.19, en la página 83).

**Cuadro 5.19**

**Rangos promedio de la calidad del agua filtrada, envasada y de grifo, y el tipo de tratamiento.**

Tipo de Tratamiento	N	Rango promedio
Agua filtrada	50	58,00
Agua envasada	50	70,00
Agua de grifo	50	98,50
Total	150	

**Cuadro 5.20**

**Prueba de Kruskal-Wallis entre los tipo de tratamiento**

Tipo de Tto	
Chi-cuadrado	31,515
gl	2
Sig. asintót.	,000

- a. Prueba de Kruskal-Wallis
- b. Variable de agrupación: Tipos de Tratamiento

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados.

**Hipótesis general: “La calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo humano mejorará con el tratamiento aplicado”.**

Se comprobó que la calidad microbiana de las aguas de mayor consumo humano mejoran significativamente aplicando un tratamiento adecuado. Se consideró los porcentajes de las muestras de agua calificadas en aptas y no aptas, analizadas microbiológica y fisicoquímicamente.

El estudio estuvo orientado a determinar si los tratamientos son eficaces en la disminución o eliminación de microorganismos existentes en las fuentes de agua de mayor consumo humano, evaluados a través de los parámetros microbiológicos, sin embargo se comprobó que los parámetros fisicoquímicos no influyeron significativamente en los resultados y no se tomaron en cuenta en análisis estadístico SPSS.

**Primera hipótesis específica: “La inadecuada limpieza, remoción y desinfección del sistema de abastecimiento y distribución disminuirán la calidad microbiana del agua de grifo intradomiciliario”.**

Para demostrar y comprobar la calidad de las aguas, se realizó el análisis microbiológico de cada una de las muestras provenientes del agua de grifo intradomiciliario, cuyos resultados evaluados según a la norma aplicada y así determinar si cumplen con los límites permisibles establecidos por las normas vigentes.

Además, se utilizó a otros microorganismos indicadores y patógenos para evaluar su calidad. Se logró demostrar que existe contaminación por los microorganismos mencionados, en la cual su presencia relacionada con la deficiente limpieza y desinfección de todo el sistema.

**Segunda hipótesis específica: “El uso de los filtros por tiempos prolongados y la deficiente desinfección de los mismos aumentarán la contaminación microbiana del agua potable filtrada”.**

Para demostrar y comprobar la calidad de las aguas filtradas se realizó un análisis microbiológico de las muestras, cuyos resultados fueron evaluados y comparados de acuerdo a la norma aplicada, a través de los indicadores microbianos y la investigación de la presencia de patógenos.

Por medio de los análisis microbiológicos realizados se comprobó que existe contaminación microbiana de los filtros, suponiendo que estos no son usados adecuadamente y que además contienen microorganismos patógenos.

**Tercera hipótesis específica: “La exposición ambiental y almacenamiento inadecuado de los bidones abiertos favorecerán el desarrollo de los microorganismos afectando la calidad del agua de mesa envasada no carbonatada”.**

Para demostrar y comprobar la calidad del agua envasada no carbonatada en los bidones abiertos se realizó un análisis microbiológico de las muestras, cuyos resultados fueron evaluados y comparados de acuerdo a la norma aplicada.

Se demostró que la calidad del agua envasada no carbonatada expendida en bidones almacenados y aperturizados se deteriora y/o altera en el tiempo, debido al prolongado tiempo de almacenamiento y expuestos a temperatura inadecuadas; y además, es muy probable que exista malas prácticas de manipulación en el momento de la instalación de los bidones.

## **6.2 Contrastación de hipótesis con otros estudios**

Los tratamientos aplicados a las aguas de mayor consumo humano mejoran la calidad del agua en su proceso, pero existen otros factores como deficiencias en el mantenimiento o desinfección del sistema y/o equipos, y su directa manipulación de estos, que alteran su calidad microbiológica, representando un riesgo para la salud, en especial para personas susceptibles (gestantes, neonatos, personas de tercera edad e inmunodeprimidas).

Con respecto al tratamiento aplicado al agua proveniente de la planta de tratamiento La Atarjea y que se recepciona en grifos intradomiciliarios fue de mejor calidad, 72% (14) aptas y 28% (36) no aptas, de acuerdo a la norma aplicada (véase el cuadro 5.3, en la página 65). Se comprueba que la planta La Atarjea realiza un buen tratamiento industrial del agua potable, siendo muy probable que la poca contaminación se encuentre en las redes de distribución y

almacenamiento; donde los usuarios no realizan un adecuado mantenimiento y desinfección del sistema de agua de su vivienda. El resultado del análisis fisicoquímico indicó que la mayoría de muestras que presentaron pH y cloro libre residual en el rango adecuado, 100% y 58%, respectivamente. (véase el gráfico 5.2, en la página 66). El 20% de las muestras no cumplieron los parámetros fisicoquímicos porque presentaron una cloración deficiente y/o inadecuada, pero que microbiológicamente fueron calificadas como aptas porque no se detectaron bacterias o estuvieron dentro los límites permisibles. De tal manera que sólo el 26% de las muestras serían calificadas como aptas para el consumo humano teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos y los indicadores microbiológicos. Es muy posible que los recuentos microbianos aumenten y también es posible que los patógenos proliferen en aguas que no tengan poder desinfectante.

Del análisis microbiológico de aguas de grifos intradomiciliarios se obtuvo que el 18% presentó más de 500 UFC/mL de bacterias heterotróficas, el 16% más de 1.1 NMP/100 mL de Coliformes Totales, el 18% más de 1.1 NMP/100 mL de Coliformes Termotolerantes y sólo el 2% más de 1.1 NMP/100 mL de *Pseudomonas aeruginosa* (véase el gráfico 5.1, en la página 65).

Estos resultados difieren con los estudios realizados por Gutiérrez *et al.*, 2013, realizaron análisis de 21 muestras de aguas de redes domiciliarias provenientes de tres plantas de tratamiento, para una de las redes domiciliarias el 90,5% presentaron valores mayores a 1 NMP/100 mL, el 33,3% presentaron valores mayores a 2419,6 NMP/100 mL y el 33,3% presentaron valores entre 100 a 600 NMP/100 mL para coliformes totales. El 95,2% presentó valores mayores a 1 NMP/100 mL, encontrándose valores entre 1 y 96 NMP/100 mL para Coliformes Fecales. En otra de las redes domiciliarias, el 38,1% y el 23,8% presentaron valores igual a 1 NMP/100 mL para Coliformes Totales y Fecales, respectivamente. Sólo una de las redes presentó ausencia de coliformes Totales y Fecales. En el 2011, se evaluó la calidad del agua de inmuebles, de 82 muestras entre agua cruda, tratada y de inmuebles, el 98,54% de muestras provenientes de los grifos de los hogares resultaron aptas para el consumo humano, el 5,83% presentó más de 100 UFC/mL de Bacterias Heterotróficas, el 0,83% presentó valores iguales a 2,2NMP/100mL para Coliformes Totales y Fecales, y ninguna

de las muestra presentó contaminación por *P. aeruginosa* (Cajamarca *et al.*, 2011).

En otro estudio realizado por Chacón *et al.*, 2010, en Venezuela, de 25 muestras provenientes de líneas de aguas y suministros externos de unidades odontológicas, en el 12% de ellas se detectó la presencia de *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y otras bacterias. El 64% presentó contaminación por Aerobios Mesófilos. Ninguna presentó contaminación por Coliformes. En el 2016, en Colombia, evaluaron 12 muestras de aguas de diferentes puntos de la red de distribución del acueducto, encontrándose valores superiores a 0 UFC/mL para Coliformes Totales y Enterococcus, considerándose agua no apta para el consumo humano.

En el tratamiento aplicado al agua que se filtra previamente a su consumo, resultó ser el menos efectivo, el 41% (82) no aptas y el 18% (9) aptas para el consumo humano, de acuerdo a la norma aplicada (véase el cuadro 5.6, en la página 70). Se demuestra que la los usuarios no lavan y/o desinfectan sus filtros, provocando una saturación de estos y dejando pasar los microorganismos que pudieran ocasionar riesgos en la salud. El análisis fisicoquímico demostró que el pH fue el adecuado en el 100% de las muestras, pero además se comprobó que el filtro es capaz de retener el cloro libre residual pero no es eficiente en la retención de los microorganismos (véase el gráfico 5.4, en la página 71).

Del análisis microbiológico de aguas filtradas previamente a su consumo en hogares domésticos se obtuvo que el 82% presentó más de 10 UFC/mL de bacterias heterotróficas, el 32% más de 1,1 NMP/100 mL de Coliformes Totales, el 8% más de 1,1. NMP/100 mL de *Escherichia coli*. Estos resultados difieren a los encontrados por Arturo en el 2017, en Ecuador, reportó que el agua filtrada no cumple con los requisitos establecidos para Coliformes Totales y color, pero si cumple para los parámetros turbiedad y bario. Sin embargo, demostró que el porcentaje de remoción de Coliformes fue muy alto en un 98,5% de eficiencia.

En otro estudio, De Souza *et al.*, 2014, en Brasil, comprobó que los filtros domésticos impregnados con plata a mayor concentración, disminuyen la concentración microbiana de  $2 \times 10^8$  a  $1,9 \times 10^5$  UFC/mL para *P. aeruginosa*.

En un similar estudio, realizado por Pérez *et al.*, 2016, en Colombia, evaluaron la eficiencia de dos filtros caseros, ambos disminuyeron significativamente los niveles de turbiedad e inactivaron a *E. coli* en un 100%.

En lo que respecta al tratamiento aplicado al agua envasada no carbonatada que se expende en bidones resultó ser de una mejor calidad que el agua filtrada e inferior que el agua de grifo intradomiciliario, se obtuvo que el 34% (17) fueron aptas y el 66% (33) no aptas para el consumo humano, de acuerdo a la norma aplicada (véase el cuadro 5.7, en la página 72). Se demuestra que las aguas envasadas sufren contaminación microbiana al estar expuestas al ambiente por largos periodos de tiempo y probablemente por las malas condiciones higiénicas del personal que coloca los bidones en los dispensadores. Muchas veces esta actividad la realiza el personal de limpieza que no toma en cuenta las buenas prácticas de manipulación al momento de colocarlos bidones. El análisis fisicoquímico demostró que no existe cloro libre residual en las muestras. Las aguas envasadas, según las normas no deben tener cloro libre residual, ya que este se pierde en su tratamiento de envasado.

Del análisis microbiológico de las aguas envasadas no carbonatadas, se obtuvo que el 66% presentó más de 10 UFC/mL de Bacterias Heterotróficas, el 2% más de 1.1 NMP/100 mL de Coliformes Totales y *Escherichia coli*, y el 8% más de 1.1 NMP/100 mL de *Pseudomonas aeruginosa* (véase el gráfico 5.5, en la página 73). Estos resultados difieren con el estudio realizado por Al Moosa *et al.*, (2015), en EE.UU., de 49 muestras encontró que el 12,2 % presentó Coliformes Totales, el 38,77% presentó *P. aeruginosa* y el 20,4% presentaron Coliformes Totales y *P. aeruginosa*. En otro estudio realizado por Guilherme *et al.*, (2011), en Brasil, encontró que de 44 muestras, el 22,7% presentó *P. aeruginosa*.

En el 2013, encontró que en 15 muestras de agua procedentes de diferentes mercados de Franja de Gaza en Palestina, el 50% de las aguas embotelladas localmente presentó contaminación, el 75% presentó Coliformes Totales y Termotolerantes, y para aguas embotelladas importadas el 36,4% presentó contaminación, el 45,4% presentó Coliformes Totales y el 27% Coliformes Termotolerantes (Bashir *et al.*, 2013)

Con respecto a los estudios comparativos realizados entre los tipos de agua, Pant *et al.*, 2016, en Nepal, demostró que de 76 muestras de aguas de grifo, el 100%, el 55,3%, el 21,1% y el 14,5% presentaron contaminación para Bacterias Heterotróficas, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y *Streptococos Fecales*, respectivamente; mientras que de 24 muestras de aguas embotelladas, el 87,5% y

25% presentaron contaminación por Bacterias Heterotróficas y Coliformes Totales, respectivamente. Comparativamente demostró que el agua embotellada fue más segura que el agua de grifo. En otro estudio Shahaby *et al.*, en el 2015, en Arabia Saudita, que de 21 muestras de agua de grifo, el 23,8%, el 9,5%, y el 14,3% presentaron contaminación por Bacterias Heterotróficas, Coliformes Totales y *P. aeruginosa*, respectivamente. Mientras que de 103 muestras de aguas embotelladas; el 1,9%, el 2,9%, el 0,97% y el 1,9% presentaron contaminación por Bacterias Heterotróficas, Coliformes Totales, Estreptococos Fecales y *P. aeruginosa*, respectivamente. Recomendando aplicar un estudio riguroso sobre la calidad del agua embotellada.

En el 2008, en Brasil, en un estudio muy similar, se comparó la calidad bacteriológica entre las aguas de grifo, agua mineral embotellada dispensada de 20 L y de aguas embotelladas de 20 L antes de su instalación en dispensadores, demostrando que la calidad del agua de grifo fue superior a las otras. Sin embargo, el 36,4% de las aguas de grifos y el 76,6% de aguas embotelladas de dispensadores presentaron al menos una bacteria coliforme o indicador y/o a una bacteria patógena. *P. aeruginosa* se presentó en el 43% de las muestras, un 29,1% en agua de grifo, un 50% en las nuevas aguas embotelladas de 20 L antes de su instalación y en un 58,4% en aguas embotelladas dispensadas de 20 L. Una característica particular de *P. aeruginosa* es su capacidad de crecer en aguas con bajo contenido de nutrientes, el cual debe ser monitoreado como indicador de otras contaminaciones bacterianas de origen fecal (Warburton, 1992).

En el 2012, en la India, se realizó un estudio comparativo para evaluar la eficacia de los filtros de agua antes y después de la filtración, demostró que el filtro no logra reducir los STD, la dureza y el cloruro, mientras que hubo eficiencia del 95 – 98% en la reducción de microorganismos. Sin embargo, esta eficacia en la eliminación de impurezas se comprobó hasta cierto punto (Kuchewar *et al.*, 2012), y en otro estudio similar, Young *et al.*, 2014, en Canadá, en un estudio demostró que los filtros no fueron eficaces en la eliminación de *E. coli*, pero los niveles de nitrito aumentaron con los periodos de residencia, concluyendo que necesita de más estudios para entender el rendimiento de los filtros.

De lo anterior se deduce que existe una deficiencia en los servicios de mantenimiento de los sistemas de distribución, de los filtros y desinfección de los

envases y dispensadores de aguas para el consumo humano, puesto que se encontró un elevado porcentaje de bacterias heterotróficas en los tres tipos de agua. Estas bacterias abundan en las aguas tratadas y de grifos. Mediante este indicador se obtiene información útil que se estudia junto con el índice de coliformes, para controlar un determinado proceso o para verificar la calidad del tratamiento, desinfección o descontaminación (PNUMA. 2007). Se ha comprobado que el recuento total de microorganismos heterótrofos es uno de los indicadores más confiables y sensibles del tratamiento o del fracaso de la desinfección. Además, se encontró que los coliformes aún se encuentran en porcentajes considerables, aunque no están asociados a la contaminación fecal, y no plantean ni representan un riesgo para la salud (Yoder *et al.*, 2008), son considerados indicadores de degradación de los cuerpos de agua. En aguas tratadas su presencia indica que hubo contaminación, sin identificar el origen, así como también indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes (Fernández *et al.*, 2001). Es importante destacar la presencia de *E. coli* y *P. aeruginosa* pero en bajos porcentajes. En muestras donde hubo presencia de *P. aeruginosa* no creció *E. coli*. Esto debido a que *Pseudomonas* libera metabolitos tóxicos para otras bacterias inhibiendo su crecimiento. Sin embargo, estos microorganismos deben estar ausentes en los tres tipos de aguas, de acuerdo a la norma técnica aplicada.

Se determinó mediante el análisis de regresión lineal múltiple que los indicadores microbiológicos influyen en un 100% sobre la calidad del agua de grifos intradomiciliarios (véase el cuadro 5.9, en la página 75), y que existe una correlación directa con todas las variables excepto las constantes (véase el cuadro 5.10, en la página 75). Esto demuestra que todas las variables son determinantes para calificar si el agua es apta o no para el consumo humano, de acuerdo a la NTS aplicada. Sin embargo es más fuerte la correlación con coliformes totales, bacterias heterotróficas y coliformes termotolerantes (véase el cuadro 5.11, en la página 76).

Se demostró mediante el análisis de regresión lineal múltiple que los indicadores microbiológicos influyen en un 100% sobre la calidad del agua filtrada (véase el cuadro 5.12, en la página 77), y que existe una correlación directa con todas las variables excepto con la constante (véase el cuadro 5.13, en la página 77). Esto

demuestra que todas las variables son determinantes para calificar si el agua es apta o no para el consumo humano, de acuerdo a la NTS aplicada. Sin embargo es más fuerte la correlación con bacterias heterotróficas, coliformes totales y *E. coli* (véase el cuadro 5.14, en la página 78).

Se demostró mediante el análisis de regresión lineal múltiple que los indicadores microbiológicos influyen en un 100 % sobre la calidad del agua envasada no carbonatada (véase el cuadro 5.15, en la página 79), y que existe una correlación directa con todas las variables (véase el cuadro 5.16, en la página 79). Esto demuestra que todas las variables son determinantes para calificar si el agua es apta o no para el consumo humano, de acuerdo a la NTS aplicada. Sin embargo, es más fuerte la correlación con bacterias heterotróficas y *P. aeruginosa* (véase el cuadro 5.17, en la página 80).

Se obtuvo que los tipos de tratamiento aplicados al agua para consumo humano son diferentes (véase el cuadro 5.18, en la página 81), y que el mayor número de muestras de agua de grifo resultaron aptas y con una mejor calificación (véase el gráfico 5.7, en la página 82), cumpliendo con los límites permisibles.

Se obtuvo que las tecnologías de tratamiento industrial aplicadas al agua para consumo humano fueron significativas ( $\text{sig} < 0,5$ ), es decir son diferentes (véase el cuadro 5.20, en la página 83), y por consiguiente, el tratamiento industrial aplicado al agua de grifo fue el más eficiente, proporcionando una agua de mejor calidad.

De acuerdo al rango de promedios, la tecnología de tratamiento industrial aplicado al agua filtrada fue el más deficiente (véase el cuadro 5.19, en la página 83), proporcionando un agua de mala calidad, siendo no apta para el consumo humano, de acuerdo a la NTS aplicada.

## **VII. CONCLUSIONES**

- a. Se determinó que la calidad microbiana del agua que proviene de la planta de tratamiento de La Atarjea que se recepciona de grifos intradomiciliarios fue de buena calidad.
- b. Se determinó que la calidad microbiana del agua potable que se filtra previamente a su consumo fue de mala calidad.
- c. Se determinó que la calidad microbiana el agua de mesa envasada no carbonatada dispensada en bidones de 20 L fue de regular calidad.
- d. Se demostró que existen diferencias significativas en la calidad del agua de mayor consumo humano sometidas a tres tipos de tratamientos.

## VIII. RECOMENDACIONES

- a. DIGESA y las municipalidades deberían implementar un sistema de vigilancia epidemiológica de manera sostenible para garantizar y mantener la calidad del agua a nivel de viviendas y edificaciones.
- b. Los filtros deben ser lavados y desinfectados, y en el mejor de los casos cambiados cuando se saturan o dejen pasar ciertas partículas.
- c. Incluir programas de capacitación de Buenas Prácticas de manipulación al personal que instala los bidones en los dispensadores de agua, ya que en estos se encontró microorganismos indicadores y/o al menos un patógeno.
- d. Se recomienda realizar más estudios comparativos de los diversos tipos de agua para consumo humano en el Perú, ya que se demostró que contienen microorganismos que podrían ocasionar enfermedades diarreicas.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABAD GONZALEZ, Enidel de la Nieves y otros. **Calidad del agua potable en los edificios del sector 5 Urb. El Perú ciudad Bolívar. Edo. Bolívar. Diciembre 2009-Enero 2010.** Tesis Licenciatura. Bolívar. Universidad de Oriente. 2010.
2. ACEVEDO OSORIO, Germán O. y otros. **Calidad microbiológica del agua de dos instituciones de salud del eje cafetero, Colombia 2015.** Archivos de medicina (Manizales). Vol. (16), N° 2, 246-56 2016.
3. ALL MOSSA, Merfat E. y otros. **Microbiological Quality of Drinking Water from Water Dispenser Machines.** International Journal of Environmental Science and Development. Vol. (6), N° 9, September 2015.
4. ALVARADO, D. **Agua de consumo humano y evacuación de excretas: de Costa Rica en el contexto mundial. Periodo 1990-2000.** Revista Costarricense de salud Pública. Vol.(7):12. Julio 1998. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-14291998000100006](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291998000100006).
5. APHA, AWWA-WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** American Public Health Association. 19<sup>a</sup> edition. Washington D.C. 1995.
6. APHA, AWWA-WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 22<sup>a</sup> edition. Washington D.C. 2012.
7. ARBOLEDA, J. **Teoría y práctica de la purificación del agua.** Editorial McGraw Hill, Bogotá, p31. 2000.
8. ARROJO, P. **Hacia una nueva cultura del agua.** Cuadernos del CENDES. Vol. (22), N°. 59, mayo-agosto. pp. 139-143. 2005. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/403/40305909.pdf>
9. ARTURO BURBANO, Franklin Vladimir. **Estudio de un proceso de filtración de agua para consumo humano con filtro orgánico y**

- Pómez para el mejoramiento de la calidad del agua, en el sector El Minas, Cantón Sucumbíos.** Tesis de Maestría. Ecuador. Universidad Internacional SEK. 2017.
10. AUCAPIÑA, F. y otros. **Análisis Físico- Químico y Microbiológico del Sistema de agua de la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia Baños.** Universidad de Cuenca. pp. 11-16. 2011
  11. ÀVILA DE NAVIA, Sara Lilia y otros. **Calidad bacteriológica del agua vereda El Charco San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia.** Nova Vol. (13), N° 25; 139-45. 2016.
  12. BARRAQUE, CH y otros. **Manual Técnico del agua.** Ed. Degremont 1979. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20Tecnico%20del%20Agua%20Filtracion%20Degremont.pdf>
  13. BASHIR, Abdallah y otros. **Bacteriological quality evaluation of bottled water sold in the Gaza Strip, Palestine.** International water technology Journal. IWTJ. Vol. (3) N°1: 13 a 21. Marzo 2013. Disponible en: <http://iwtj.info/wp-content/uploads/2013/04/V3-N1-P2.pdf>
  14. CAJAMARCA BERREZUETA, Byron E. y otros. **Control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del cantón Cuenca, a través de microorganismos indicadores.** Tesis de Licenciatura. Ecuador. Universidad de Cuenca. 2011.
  15. CALDERON, E y otros. **Comportamiento de *Pseudomonas aeruginosa* en distintos tipos de agua.** XV Congreso Interamericano de Ingeniería sanitaria, Asociación interamericana de ingeniería sanitaria, Chile.1976.
  16. CARRILLO, L. **Guía de trabajos prácticos. Microbiología Agrícola.** San Salvador.2003.
  17. CASTILLO, A y otros. **Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas ubicadas en los municipios de la Paz y San Diego- Cesar.** Tesis para optar el grado de Microbióloga. Colombia. Universidad Popular del Cesar2009.

18. CHACON CH., Isvelia y otros. **Aislamiento de especies de Pseudomonas de las líneas de agua de las unidades odontológicas.** Acta Odontológica Venezolana. Vol. (48) N°1. 2010. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652010000100013](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652010000100013)
19. CHAIDEZ, C. **Agua embotellada y su calidad bacteriológica.** Agua Latinoamérica. 2002. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd56/agua.pdf>.
20. CORTES, I y otros. **Brote causado por *Escherichia coli* en Chalco, México.** Salud pública de México. Vol. (44): 297 a 302.2002.
21. CONTRERAS, G y otros. **Efecto bactericida de catabolitos de *Pseudomonas aeruginosa* sobre coliformes fecales en agua de consumo.** IV Congreso Latinoamericano de Higiene y Microbiología de Alimentos. Lima. 1996.
22. DESOUSA, Cristina y otros. **Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control.** Boletín de Malariología y Salud Ambiental. Vol. (48) N° 1: 17-26. Enero – Julio 2008. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/bmsa/v48n1/art02.pdf>
23. DÍAZ, Juan C. y otros. **¿El Agua Embotellada es adecuada para nuestro consumo?** Academia. Vol.(6) N° 11: 2-12. Enero – Junio 2007. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27715/1/articulo1.pdf>
24. DIRECCIÓN DE SALUD V LIMA CIUDAD / DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL. **Manual de procedimientos para la vigilancia sanitaria en salud ambiental.** Sinco Editores. Lima-Perú 2006.
25. FARACHE FILHO, Adalberto y otros. **Qualidade microbiológica de águas minerais em galões de 20 litros.** Alim. Nutr. Araraquara. Vol. (19) N° 3: 243 a 248. Julio – Setiembre 2008.
26. FERNÁNDEZ, A. y otros. **Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis A.** Higiene y Sanidad Ambiental. Vol. (1): 24-8. 2001.

27. FEWTRELL, L. et al. **Pathogens in surface temperate waters**. Reino Unido: Samara Pres. Pág. 262. 1993.
28. Fuentelsaz C. Cálculo del tamaño de la muestra. *Matronas profesión*. 5(18): 5-1. 2004.
29. GÁLVEZ, M.A y otros. **Instalaciones y Servicios Técnicos**. Madrid: **Sección de Instalaciones de Edificios**. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. 2013.
30. GARCIA, Leisy y otros. **Pseudomonas aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica**. The Biologist (Lima). Vol. (12) N°1, jan-jun, 133 a 152.2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4755797>.
31. GRÜBER, R y otros. **Bacteriología del agua de consumo de los servicios sala de parto, cirugía y emergencia de adultos, hospital "Dr. Raúl Leoni"**. San Félix estado Bolívar. Tesis licenciatura. Universidad de Oriente Núcleo de Bolívar. Venezuela.2010.
32. GUILHERME, M y otros. **Pseudomonas aeruginosa como indicador de contaminación hídrica**. Hig. Alim. Vol. (14) N° 76, 43 - 47. 2000.
33. GUINEA, Jesús y otros. **Análisis microbiológico de aguas**. Editorial Omega. Barcelona. 1979.
34. GUTIERREZ SARMIENTO, Daniela y otros. **Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del Cantón Azogues**. Tesis Licenciatura. Universidad de Cuenca. Ecuador 2013.
35. HERNANDEZ VÁSQUEZ, Liseth y otros. **Calidad del agua para consumo humano y salud: dos estudios de caso en Costa Rica**. Revista Costarricense Salud Pública. Vol. (20) N°1: 21 a 26. Enero – Junio2011. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-14292011000100004](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292011000100004)
36. IGLESIAS, C. y otros. **Importancia del agua en la hidratación de la población española**. Nutr. Hosp.: 26(1):27-36.2010.

37. Instalaciones domiciliarias de agua de consumo. **Recomendaciones para el mantenimiento de las condiciones higiénico sanitarias.** Disponible en: <http://www.repositoriosalud.es/bitstream/10668/1236/1/InstalacionesDomiciliariasAguaConsumo.pdf>
38. JAWETZ, E. y otros. **Microbiología Médica.** Edit. El Manual Moderno. México D.F. 14ª Edición. pp. 700.1992.
39. KATHOON, Amna y otros. **Bacteriological quality of bottled water brands in Karachi, Pakistan.** Biologia Pakistán. Vol. (56) N° 1y 2: 137 a 143. 2010. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/235964861\\_Bacteriological\\_quality\\_of\\_bottled\\_water\\_brands\\_in\\_Karachi\\_Pakistan](https://www.researchgate.net/publication/235964861_Bacteriological_quality_of_bottled_water_brands_in_Karachi_Pakistan)
40. KUCHEWAR. A y otros. **Comparative study on physico-chemical and microbiological efficiency of domestic water filters.** Vol. (2) N°4: 349a 353. July-August 2012. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.416.1739&rep=rep1&type=pdf>.
41. LÓPEZ, J. **Tecnología del agua embotellada. Presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia de Jaén.** 2002. Disponible en: [http://aguas.igme.es/igme/publica/lib108/pdf/lib108/in\\_n10b.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/lib108/pdf/lib108/in_n10b.pdf). Consultada el 08 de Febrero de 2017.
42. LUJAN, D y otros. **Resistencia a los antibióticos en aislados clínicos de *Pseudomonas aeruginosa* en un hospital universitario en Lima, Perú.** Revista Biomédica. Vol. (19):156 a 160.2008.
43. MARCHAND PAJARES, Edgar Orlando. **Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana.** Tesis licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2002.
44. MANUAL DEL CARBON ACTIVO. Master en Ingeniería del agua. EU Politécnica. U. Sevilla-España.
45. MARTINEZ, T. y otros. **Calidad bacteriológica del agua potable envasada comercialmente. Ciudad Bolívar 2009-2010.** Tesis de licenciatura. Venezuela. Universidad de Oriente. 2010.

46. MINISTERIO DE SALUD / DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. **Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.** NTP 071. Lima: Super gráfica E.I.R.L. 2003
47. MONTES AM. **Calidad del agua potable del Hospital de Ginecología y Obstetricia del Instituto Materno Infantil del Estado de México.** Arch. Investig. materno infantil. Vol. 4(3):139-142.2013
48. MORA, D. **Actualización de los criterios microbiológicos para evaluar la calidad del agua en sus diferentes usos: Período 1998 - Costa Rica.** Rev. Costa Rica. Salud Pública. Vol.(7) N° 13: 15-24. 1998. Disponible en:  
[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-14291998000200003](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291998000200003).
49. N.C-2. **Agua de bebida envasada. Especificaciones.** pp 5. 1996. Disponible en: <http://www.sld.cu/sitios/mednat/docs/aguas.pdf>. Consultada el 18 de Julio de 2016.
50. NEIRA, J. y otros. **Estudio bacteriológico del agua potable de la parroquia Santa Isabel.** Universidad de cuenca. pp.20-94. 2013.
51. OMS. **Guías para la calidad del agua potable.** Ginebra. Tercera Edición. Vol. (1). 2004. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3sp.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3sp.pdf). Consultada el 18 de Julio de 2016.
52. OMS. **Guías para la calidad del agua potable.** Ginebra. Tercera edición. Vol.(1). 2006. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1). Consultado el 14 de Julio de 2016.
53. ONTIVEROS ARREOLA, ME. ***Pseudomonas aeruginosa* como indicador de la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional.** Secretaria de Agricultura y Recursos Hídricos. México. 1983.
54. OPS. **Guías para la calidad del agua potable.** Washington DC. EUA. Vol. (3). 1988.

55. OPS/CEPIS. **Métodos simplificados de análisis microbiológicos de aguas residuales.** Lima, Perú. 1983.
56. OROZCO, PA. y otros **Colonización por levaduras en recién nacidos y personal de salud en la unidad de cuidados intensivos neonatales de un hospital universitario en Bogotá, Colombia.** Rev. Iber. Americ Micología. 26(2):108-111.2009.
57. PAHO (Pan American Health Organization. Organización Panamericana de la Salud - OPS). **La Calidad del Agua Potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química.** 1996. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/aguabas/control/control.html>.
58. PANT, Nayaran Dutt y otros. **Bacteriological quality of bottled drinking water versus municipal tap water in Dharan municipality, Nepal.** Journal of Health, Population and Nutrition. Vol. (35):17. 2016. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41043-016-0054-0?view=classic>.
59. PATRICK, R., y otros. **Manual of Clinical Microbiology.** American Society for Microbiology. Washington, DC. 7ª ed. Capítulo VI: 1185-1215.1999.
60. PEREZ VIDAL, Andrea y otros. **Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros lifestraw y olla cerámica.** Rev. Salud Pública. Vol. (18), N° 2: 275-289. 2016.
61. PLAZA, C. **Derecho humano al agua.** 2015. Disponible en:
62. PNUMA. **Programa Global de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente. Agua. Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos WWAP.** Canadá 2007.
63. REASCOS, B *et al.* **Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y**

- propuesta de medidas correctivas.** Tesis. Ingeniero en Recursos Naturales. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. 2010.
64. REILLY, Kevin J y otros. **Relación entre el conteo bacteriológico y otros parámetros de calidad del agua tratada en sistemas de distribución.** Hojas de divulgación técnica. CEPIS. USA.2000. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt008.html>. Consultada el 20 de Enero de 2016.
65. ROJAS FARACO, Tomás y otros. **Bacilos Gram negativos no fermentadores en agua embotellada: susceptibilidad antimicrobiana y formación de biopelículas.** Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología. Vol. (34):64 a 69. Enero 2014. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/rsvm/v34n2/art04.pdf>.
66. ROSENBERG, F.A. The microbiology of bottled water. **Clinical Microbiology Newsletter.** Vol.(25), N°6: 41 a 44. 2003.
67. SAGARA. **Study of filtration for point-of-use drinking water treatment in Nepal.** Tesis Master. Massachusetts 2000. Disponible en: <http://web.mit.edu/watsan/Docs/Student%20Theses/Nepal/Sagara2000.pdf>.
68. SANTA`NA Anderson de S. y otros. **Qualidade microbiológica de águas minerais.** Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas. Vol. (23): 190 a 194. Dez 2003. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v23s0/19495>
69. SHAHABY, AF y otros. **Bacteriological Evaluation of Tap Water and Bottled Mineral Water in Taif, Western Saudi Arabia.** International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Vol. (4). N° 12: 600 a 615.2015. Disponible en: <http://www.ijcmas.com/vol-4-12/Ahmad%20F.%20Shahaby,%20et%20al.pdf>.
70. SIMANCA, M y otros. **Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de montería.** Temas agrarios. Vol. (15):N°1. 71 a 83. 2010. Disponible en:

<http://revistas.unicordoba.edu.co/ojs/index.php/temasagrarios/article/view/394/388>.

71. SOARES, P y otros. ***Pseudomonas aeruginosa* como indicador em análises bacteriológicas de águas de abastecimento público.** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e ambiental. Río de Janeiro. 64p. 1996.
72. TERRA. **Ecología práctica.** 2005. Disponible en: <http://www.terra.org/categorias/articulos/los-filtros-domesticos-de-carbon-activo>.
73. TORRES KAM, Yuri M. **Resistencia de *Pseudomonas aeruginosa* al cloro libre residual.** Revista Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia. Vol. (11):21 a 25. 1991.
74. TROGOLO, J. **Carbón activado. Avances modernos para una tecnología antigua.** Tecnología de Sciessent. Wakefield. Massachusetts 2006. Disponible en: [http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Trogolo\\_V11\\_N6.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Trogolo_V11_N6.pdf).
75. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, WATER PARAMETERS QUALITY. United States. 2012. Disponible en: <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms55.cfm>
76. VACONCELOS, U y otros. ***Pseudomonas aeruginosa* associated with negative interactions on coliform bacteria growth.** Canadian Journal of pure, Vol. (4): 1133 a 1139. 2010.
77. VALIENTE, C; MORA, D. **El papel del agua para consumo humano en los brotes de diarrea reportados en el período 1999 - 2001 en Costa Rica.** Revista Costarricense de Salud Pública. Vol. (11):20. 26-40. 2002. Disponible en: [http://www.geosalud.com/Ambiente/agua\\_diarrea.htm](http://www.geosalud.com/Ambiente/agua_diarrea.htm)
78. VERGARAY ULFFE, German. y otros. **Coliformes injuriados en el agua de bebida de edificios de Lima-Cercado.** Revista del Instituto de Investigaciones. FIGMMG Vol. (10), N° 19: 51 a 54. 2007. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol10\\_n19/a04.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol10_n19/a04.pdf)

79. VIDAL HENAO, Sandra Marcela. **Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.** Tesis Licenciatura. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 2010. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2086/628352V648.pdf;jsessionid=542040144DAFEC1BDD40CB4EDA08F93A?sequence=1>
80. VIDAL, Jhon y otros. **Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Sincelejo - Colombia.** Rev. MVZ Córdoba. Vol. 14 N° 2:1736 a 1744. 2009. Disponible en: <file:///c:/users/usuario/downloads/evaluaci%c3%bdn+de+la+calidad+microbiol%c3%bdgica+del+agua+envasada+en+bolsas+producida+en+sincelejo+-+colombi.pdf>
81. WARBURTON, D.W. y otros. **A review of the microbiological quality of bottled water sold in Canada between 1981 and 1989.** Canadian Journal of Microbiology. Vol. (38), N°1: 12 a 19.1992.
82. YBAÑEZ, Bryan B. **A study of bacteriological quality of bottled and tap water in Cebu.** Tesis. Master en environmental management at Massey University, Manawatu. University of New Zealand. 2014. Disponible en: [http://mro.massey.ac.nz/bitstream/handle/10179/6325/02\\_whole.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://mro.massey.ac.nz/bitstream/handle/10179/6325/02_whole.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
83. YODER, J y otros. **Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking - United States, 2005-2006.** MMWR Surveill Summ.; Vol. (57):39-62.2008. Disponible en: <https://www.cdc.gov/mmwr/pdf/ss/ss5709.pdf>.
84. YOUNG ROJANSKI, Candice y otros. **Comparing the performance of biosand filters operated with multi day residence periods.** Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA. Canadá. 2014. Disponible en: <http://aqua.iwaponline.com/content/64/2/157>.

85. ZAMBERLAN DA SILVA, Marie Eliza y otros. **“Comparison of the bacteriological quality of tap water and bottled mineral water”**. Int. J. Hyg. Environ. Health 211. 504–509. 2008. Disponible en: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46157960/Comparison\\_of\\_the\\_bacteriological\\_qualit20160602-3406-1gfh86.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510637617&Signature=iXW1SjtX%2BHIBIjG2TzYRR1bNL1Y%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DComparison\\_of\\_the\\_bacteriological\\_qualit.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46157960/Comparison_of_the_bacteriological_qualit20160602-3406-1gfh86.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510637617&Signature=iXW1SjtX%2BHIBIjG2TzYRR1bNL1Y%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DComparison_of_the_bacteriological_qualit.pdf)

## X. ANEXOS.

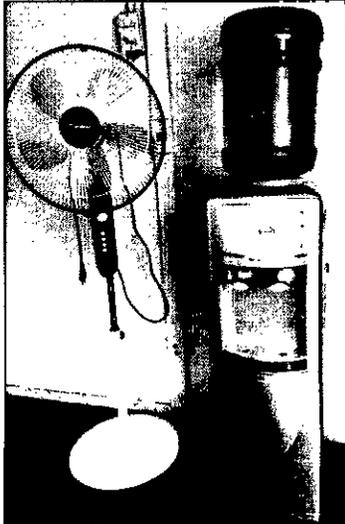
### Cuadro 10.1

#### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Es posible que el agua para consumo humano sometida a tecnologías de tratamiento industrial mantenga una calidad e inocuidad microbiana?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar el efecto de las tecnologías de tratamiento industrial sobre la calidad e inocuidad del agua para consumo humano en Lima-Cercado, Perú.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La aplicación de los tratamientos industriales al agua para bebida son efectivos sobre la calidad e inocuidad del agua para consumo humano.</p>	<p>X1: Calidad microbiana del agua potable para consumo humano.</p>	<p>Presencia o ausencia de microorganismos en el agua.</p>	<p>Porcentajes: positivas negativas</p>	<p>Descriptivo</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿El agua que proviene de la planta de tratamiento de La Atarjea y que se recepciona de grifos intradomiciliarios presentará una probable contaminación microbiana debido a las deficiencias en el mantenimiento del sistema?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Determinar la calidad microbiana del agua que proviene de la planta de tratamiento de La Atarjea que se recepciona de grifos intradomiciliarios.</p>	<p><b>Hipótesis Específica</b></p> <p>La frecuente limpieza, remoción y desinfección de todo el sistema de abastecimiento y distribución de agua que proviene de la planta de tratamiento La Atarjea garantizan la calidad del agua de grifo intradomiciliario.</p>	<p>Y1: Parámetros microbiológicos y físicoquímicos para el agua potable de grifo intradomiciliario.</p>	<p>Recuento, Presencia o ausencia de microorganismos en el agua.</p>	<p>Porcentajes, Recuento, Numeración de bacterias</p>	<p>Recuento Técnica de tubos múltiples</p>
<p>¿El agua de la red pública filtrada se contaminará por la saturación de los filtros por excesos de impurezas</p>	<p>Determinar la calidad microbiana del agua que se filtra previamente a su consumo.</p>	<p>La desinfección y cambio de filtros dentro de su vida útil eliminan la contaminación microbiana del agua potable filtrada.</p>	<p>Y2: Parámetros microbiológicos y físicoquímicos para el agua potable filtrada.</p>	<p>Recuento, Presencia o ausencia de microorganismos en el agua.</p>	<p>Porcentajes, Recuento, Numeración de bacterias</p>	<p>Recuento en placa Técnica de tubos múltiples</p>
<p>¿El agua de mesa envasada no carbonatada que se expenden en bidones se contaminarán una vez abiertos y almacenados a temperatura ambiente?</p>	<p>Determinar la calidad microbiana el agua de mesa envasada no carbonatada que se expende en bidones.</p>	<p>El tratamiento aplicado para el agua envasada no carbonatada y almacenada en bidones a temperaturas adecuadas y tiempos establecidos disminuyen la carga microbiana existente.</p>	<p>Y3: Parámetros microbiológicos y físicoquímicos para el agua envasada no carbonatada.</p>	<p>Recuento, Presencia o ausencia de microorganismos en el agua</p>	<p>Porcentajes, Recuento, Numeración de bacterias</p>	<p>Recuento en placa Técnica de tubos múltiples</p>

**Cuadro 10.2**

**Fotos del muestreo**



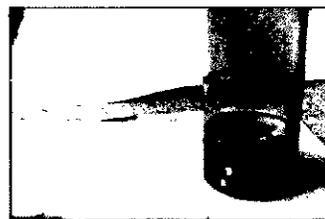
**Foto 1**  
**Dispensador de agua**



**Foto2**  
**Dispensador de agua**



**Foto3**  
**Dispensador de agua**



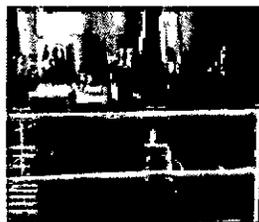
**Foto 4**  
**Medición de cloro libre residual**

### **Cuadro 10.3**

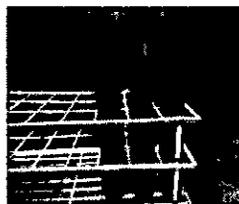
#### **Fotografías de los Análisis Microbiológicos**



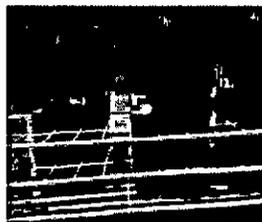
**Foto N° 01. Bacterias heterotróficas  
En Agar Plate Count**



**Foto N° 02. Tubos positivos  
de Caldo lauril sulfato doble  
concentración**



**Foto N° 03. Tubo positivo  
de color verde fluorescente  
en Caldo lauril sulfato doble  
concentración**



**Foto N° 04. Tubos positivos  
de Caldo brila**



**Foto N° 05. Tubos positivos  
en caldo EC**



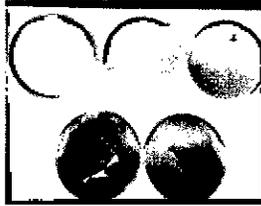
**Foto N° 06. Prueba de indol.  
Tubo positivo con caldo triptonado  
para *E. coli***



**Foto N° 07. Tubos positivos  
en caldo Asparagina doble  
concentración para *P.  
aeruginosa***



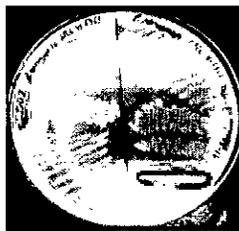
**Foto N° 08. Tubos positivos en caldo lauril  
doble concentración para *P. aeruginosa***



**Foto N° 09. Colonias características en agar  
Acetamide para *P. aeruginosa***



**Foto N° 10. Colonias verde fluorescente en agar  
Acetamide característico a *P. aeruginosa***



**Foto N° 11. Colonias con pigmento verde en agar  
Cetrimide . Cepa de referencia *P. aeruginosa*  
ATCC416961**



### Cuadro 10.5

#### Ficha de resultado del ensayo microbiológico

MUESTRA :  
LUGAR DE MUESTREO :  
CÓDIGO DE LA MUESTRA :  
FECHA Y HORA DE MUESTREO :  
FECHA Y HORA DE INICIO DE ENSAYO :  
FECHA Y HORA DE TÉRMINO DE ENSAYO :

Análisis Microbiológico	
Resultado	Limite Permisible
Bacterias heterotróficas	10 UFC/ml
Coliformes	< 1,1 NMP/100ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia/100ml

\*En caso de analizar por Numero Más Probable =< 2.2 NMP/100ml

#### Metodología

-Recuento de Bacterias Heterotróficas. APHA-AWWA. 9215 B. 9.37-9.38. 2012

- Numeración de Coliformes Termotolerantes. APHA-AWWA. 9221 E. 9.56-9.57. 2012.

- Numeración de *Pseudomonas aeruginosa*. APHA-AWWA. 9213 F 9.31. 2012

## Cuadro 10.6

### Ficha de resultado del ensayo microbiológico

MUESTRA

LUGAR DE MUESTREO :

CÓDIGO DE LA MUESTRA :

FECHA Y HORA DE MUESTREO :

FECHA Y HORA DE INICIO DE ENSAYO :

FECHA Y HORA DE TÉRMINO DE ENSAYO :

Análisis Microbiológico	
Resultado	Limite Permisible
Bacterias heterotróficas	500 UFC/ml
Coliformes Termotolerantes o <i>E. coli</i>	0 UFC*
Huevos de helmintos	0 Org/L

\*En caso de analizar por Numero Más Probable  $\leq$  2.2 NMP/100ml

#### Metodología

-Recuento de Bacterias Heterotróficas. APHA-AWWA. 9215 B. 9.37-9.38. 2012

- Numeración de Coliformes Termotolerantes. APHA-AWWA. 9221 E. 9.56-9.57. 2012.

- Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS.1983.